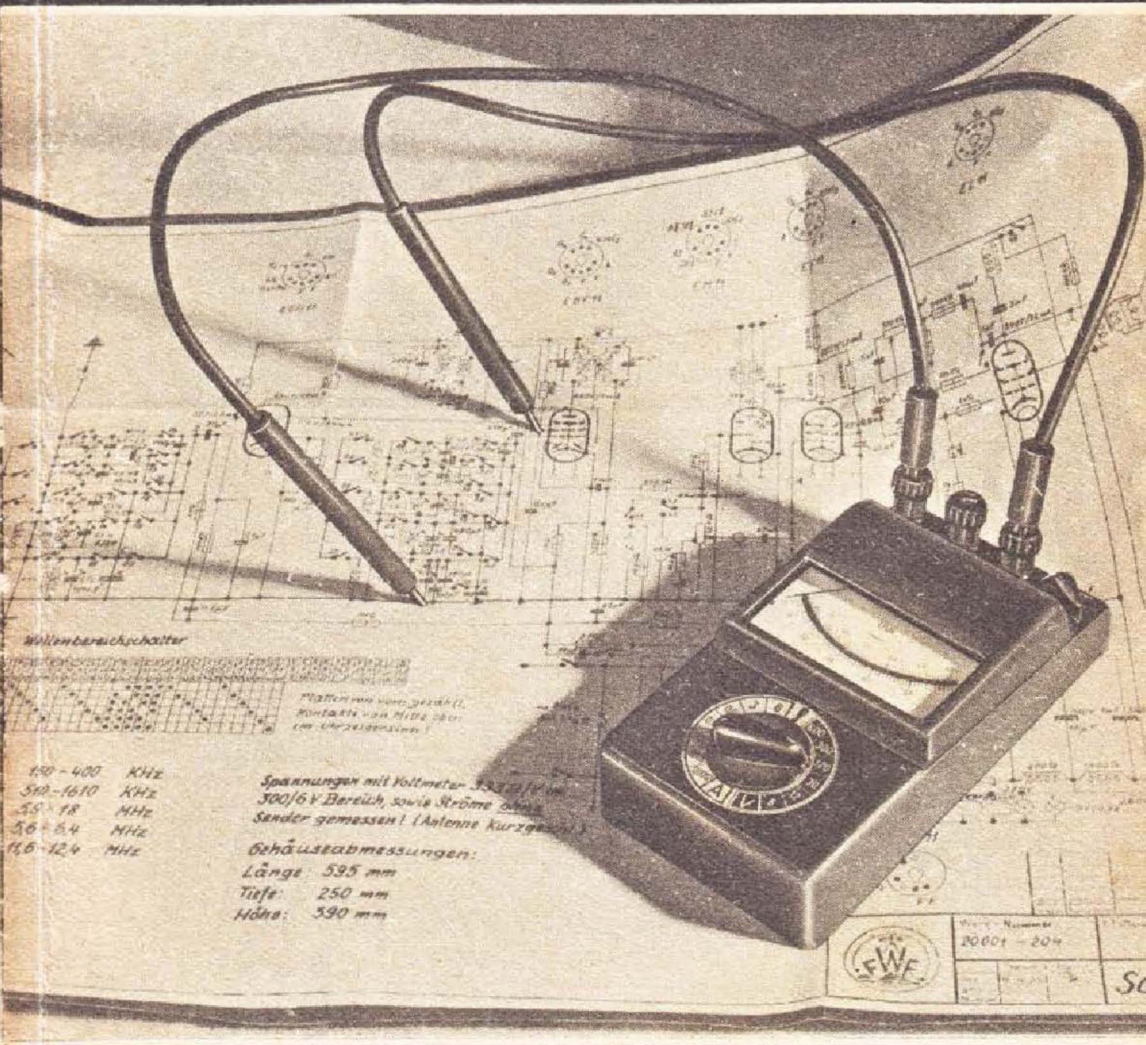
radio
PRAKTIKER
bücherei

DR. A. RENARDY

Methodische Fehlersuche in Rundfunkempfängern



20

FRANZIS-VERLAG · MÜNCHEN

radio PRAKTIKER bücherei

Um dem neu entstandenen Bedürfnis zu dienen, über wichtige und aktuelle Teilgebiete der praktischen Radiotechnik durch nicht zu umfangreiche, in sich abgeschlossene und vor allem billige Bändchen unterrichtet zu werden, wird die neue Radio-Praktiker-Bücherei herausgegeben. Leicht verständlich, aber technisch zuverlässig, inhaltreich und doch billig sind alle Bände dieser neuen radiotechnischen Bücherei. Namhafte Autoren sind ihre Mitarbeiter, die sich diesem neuen Vorhaben in der richtigen Erkenntnis zur Verfügung stellten, daß es heute mehr denn je darauf ankommt, jedem einzelnen Interessenten, vor allem auch dem Lernenden, dem Schüler, Studenten und Lehrling, den Aufbau einer kleinen radiotechnischen Bibliothek zu ermöglichen. Deshalb wurden Umfang, Ausstattung und Preis so aufeinander abgestimmt. daß für den aufzuwendenden niedrigen Betrag ein Optimum an Wissensstoff und Unterlagen geboten werden kann.

Die Radio - Praktiker - Bücherei - wendet sich in gleicher Weise an den Fachmann und an den Liebhaber. Dem ersteren will sie oft benötigte technische Unterlagen in bequemer Form zur Verfügung stellen, den letzteren will sie in die heute besonders interessierenden Sondergebiete einführen, ihn zu einem tieferen Studium anregen, ihm ein steter Freund und Begleiter sein. So wird die neue Bücherei von Rundfunktechnikern und Mechanikern, von den Mitarbeitern der Laboratorien und Werkstätten in Industrie und Handel, von Radioliebhabern aller Sparten, Schülern, Lehrlingen und Studenten gern benutzt. Für jedes aktuelle Thema eine Nummer, und jede Numiner kostet nur wenig mehr als eine Mark. So ist die Radio-Praktiker-Bücherei eine Fundgrube radiotechnischen Wissens, jedem erschwinglich.

Ausführliches Verzeichnis am Schluß des Heftes oder gratis durch den Buchhandel

Jede Nr. 64 Seiten

mit vielen Bildern

Methodische Fehlersuche in Rundfunkempfängern

Von

Dr. A. RENARDY

Mit 16 Bildern

4. und 5. Auflage

FRANZIS-VERLAG MÜNCHEN

Verlag der G. Franz'schen Buchdruckerei G. Emil Mayer

Heft 20 der RADIO-PRAKTIKER-BÜCHEREI

Das Umschlagbild zeigt
das UVA-Instrument von Gossen, Erlangen
(Aufnahme: Carl Stumpf)

1952

Druck: G. Franz'sche Buchdruckerei G. Emil Mayer, München 2, Luisenstrafle 17

Vorwort

Es gibt kaum ein Gebiet der Funktechnik, über das so viel geschrieben worden ist, wie über die Reparatur von Rundfunkempfängern. Trotzdem ist eine Lücke geblieben, nämlich eine Zusammenschau aller möglichen Methoden der Fehlersuche, ohne die der Anfänger sich nur schwer zurechtfindet. Daher sollen die nachfolgenden Ausführungen weniger Einzelheiten über die Fehlersuche bringen als einen Überblick geben.

Der Gegenstand der Fehlersuche, der bewußt auf Rundfunkempfänger beschränkt wurde, schreibt die Systematik der Darstellung vor. Um der Zusammenhänge und um des klaren Gesamtbildes willen mußte vieles gesagt werden, das dem erfahrenen Praktiker selbstverständlich ist. Da aber auf jeden Rücksicht genommen werden soll, auf den Anfänger wie den Lernenden, den Praktiker und den Amateur, mußten auch solche einfachen Zusammenhänge wiedergegeben werden.

Rundfunktechnik ist weniger eine Angelegenheit der Praxis als vielmehr der Theorie. Darum müssen die theoretischen Grundlagen des Normalfalles vorausgesetzt werden. Wenn also der Leser diese oder jene Einzelheit nicht gleich versteht, soll er erkennen, daß sein theoretisches Wissen noch Lücken aufweist, die sich bei der Reparatur sehr störend, bemerkbar machen.

Das Reparieren von Rundfunkempfängern und vor allem die Fehlersuche gleichen manchmal dem Überlisten eines Tieres, wie es der Jäger tun muß. Das ist das Leid aber auch die Freude des Berufes eines Rundfunkmechanikers. Wenn es gelungen ist, alle Spielregeln dieses Überlistens verständlich zu machen, ist das Ziel der Ausführungen erreicht.

Stolberg/Rhld. Adolf Renardy

Inhalt

Einleitung 5
Bedeutung und Gegenstand der Fehlersuche 5
Fehler und Verstimmung 6
Theoretische Kenntnisse unerläßlich 8

A. Spannungs-, Strom- und Widerstandsanalyse 10
1. Die Spannungsanalyse 10
2. Die Stromanalyse 17
3. Die Widerstandsanalyse 20
4. Kombinationen für die Praxis 22
5. Instrumente zur Spannungs-, Strom- und Widerstandsanalyse 22

B. Signalzuführung und Signalverfolgung 26
1. Die Fingerprobe 27
2. Fehlersuche durch Signalzuführung 29
3. Signalzuführung mit dem Multivibrator 32
4. Der Rauschgenerator als Signalquelle 34
5. Der Abgleich mit Generator und Outputmeter 35
6. Fehlersuche durch Signalverfolgung 36
7. Der aperiodische Verstärker 37
8. Der Tastkopf 39
9. Verstärker für Signalverfolger 42
10. Industriell erzeugte Signalverfolger 45

C. Fehlersuche mit dem Katodenstrahl-Oszillograf 47
1. Anwendungsmöglichkeiten des Katodenstrahl-Oszillograten 48
2. Darstellung der Durchlaßkurve von Zf-Verstärkern 50

D. Hilfsmethoden der Fehlersuche 52
1. Beobachtungen des Gerätebenutzers 52
2. Fehlersuche nach der Fehlerstatistik 54
3. Serienfehler bestimmter Modelle 56
4. Fehlersuchtabellen 57

E. Ratschläge des Praktikers 58
1. Die Bedeutung der Röhrenprüfung 58
2. Wirtschaftlichkeit der Reparatur 59
3. Scheinbar hoffnungslose Fälle 60

Literaturverzeichnis 62

Einleitung

Bedeutung und Gegenstand der Fehlersuche

Seit auf dem deutschen Markt wieder Rundfunkempfänger in hinreichender Zahl angeboten werden, hat die alte Ordnung erneut Platz gegriffen: Die Industrie stellt die Geräte her und das Handwerk repariert sie. Die Reparatur ist eine wirtschaftliche Tätigkeit, also eine Angelegenheit, bei der auf Wirtschaftlichkeit zu achten ist, damit der dabei Beschäftigte davon leben kann. Es sind also in erster Linie Überlegungen der Rentabilität, die aus der Vielzahl möglicher Verfahren das im gegebenen Falle günstigste auswählen helfen. Andere Gesichtspunkte gelten für den Lernenden, den Lehrling, Gesellen und Studenten, aber auch für den Liebhaber, der nur gelegentlich das von ihm gebaute Gerät zu reparieren hat. Bei den letzteren spricht persönliche Neigung mit, die sich ebensowenig Vorschriften machen läßt, wie der Geschmack. Dafür ist bei ihnen ein möglichst umfassender Überblick erforderlich, denn der strebende Geist möchte alles erfassen, soweit es dem gegenwärtigen Stand der Entwicklung entspricht.

Bei der Beschränkung des Gegenstandes der Fehlersuche auf Rundfunkempfänger gewinnt die Fehlersuche als das Kernstück der Reparatur überragende Bedeutung. Ein einmal erkannter Fehler hat sogleich seine Schrecken verloren, denn seine Behebung setzt nur noch Geschick und Materialkenntnis voraus. Wird Reparatur als Geschäft betrieben, so spielt die zur Fehlersuche aufgewendete Zeit bei Aufstellung der Kostenrechnung eine entscheidende Rolle. Schnelle Fehlerfindung verbilligt die Reparatur und verschafft dem Könner einen Vorsprung, der ihm so schnell nicht streitig gemacht werden kann.

Nun hat jeder Praktiker seine eigene Methode der Fehlersuche, wie er sie von seinem Meister erlernt oder sich selbst ausgedacht hat. Vielfach wird auch nach der Anleitung eines

Buches oder einer Zeitschrift gearbeitet, wobei die einmal erwählte Methode durch eigenes Hinzutun oder durch die Veröffentlichung von Erfahrungen anderer in Zeitschriften ergänzt und ausgebaut wird. Es muß bestritten werden, daß das Ergebnis die in jedem Falle beste und schnellste Methode der Fehlersuche darstellt. Nur wenn von den Grundelementen ausgegangen wird, kann das Ergebnis die nach dem augenblicklichen Stand der Entwicklung günstigste Methode sein. Das heißt mit anderen Worten, daß zur Ausarbeitung und Verbesserung der eigenen, im täglichen Betrieb benutzten Methode der Fehlersuche der Überblick über alle gegebenen Möglichkeiten vorhanden sein muß. Die Praxis arbeitet nicht starr nach einer Methode, sondern wählt aus einer ganzen Reihe von Möglichkeiten die für den jeweiligen Fall einfachste und zielstrebigste aus. In diesem Licht betrachtet wird der erfahrene Praktiker in der Darstellung der einzelnen Möglichkeiten hier und da alte Bekannte antreffen und mit dem Überblick Klarheit gewinnen, die sich zu seinem Vorteil auswirkt.

Eine Frage, die mit der Wirtschaftlichkeit der Reparatur eng verknüpft ist, stellt das zur Fehlersuche erforderliche Gerät dar. Instrumente, Suchgeräte, Schalttafeln, Prüfgeneratoren usw. sind ein Kapital, dessen Verzinsung gefordert werden muß; sie stehen in vielen Fällen dem Lernenden und Ausübenden aus Neigung nicht oder nur in beschränkter Art und Zahl zur Verfügung. Auch in diesen Fällen hilft ein möglichst umfassender Überblick, weil er den mit dem jeweils geringsten Aufwand möglichen Weg erkennen läßt.

Fehler und Verstimmung

Die Reparatur von hochfrequenztechnischen Geräten zählt zu den schwierigsten Aufgaben, die die moderne Technik zu stellen vermag. Fast jeder Rundfunkempfänger enthält eine auf den ersten Blick unübersehbar große Zahl von Einzelteilen, von denen fast jedes die Ursache teilweisen oder völligen Versagens sein kann. Der Betriebszustand unterscheidet sich nur wenig vom Ruhezustand; mit den Sinnen

sind nur geringe und dazu meist belanglose Unterschiede festzustellen. Fehler sind längst nicht immer sichtbar: Verbrannte Widerstände, offene Verbindungen, ausgelaufene Kondensatoren, verschmorte Spulen usw. In den meisten Fällen lassen sich nur Wirkungen von Fehlern feststellen, von denen die Tatsache, daß der Lautsprecher keinen Ton mehr von sich gibt, die einfachste ist.

1)u bei der Fehlersuche mit den Sinnen nichts auszurichten ist, dienen Meßinstrumente und Geräte der Anzeige von elektrischen Zuständen, aus denen Schlüsse gezogen werden in müssen. Die Aneinanderreihung solcher Feststellungen ergibt die Methode, deren Aufgabe es ist, lückenlos diejenigen Zustände zu erfassen, die für das Arbeiten des gesamten Gern les wichtig sind.

Für die Klarheit aller Überlegungen ist es von entscheidender Bedeutung, zwischen Fehlern und Verstimmung zu unterscheiden. Es darf angenommen werden, daß ein Rundfunkempfänger seine beste Leistung aufweist, wenn er die Schlußprüfung des Herstellers hinter sich hat. Von diesem Augenblick an ist er Einflüssen unterworfen, die seine Leistung beeinflussen können und in den meisten Fällen auch beeinflussen. Nach dem Transport bis zum letzten Benutzer wird das Geräteinnere ständig aufgeheizt und abgekühlt, tritt durch Betätigung der Einstellungsmöglichkeiten mechanischer Verschleiß ein, altert eine ganze Reihe von Materialien und greift gelegentlich rauhe Behandlung Platz, durch die räumliche Verlagerungen von Einzelteilen und Drähten eintreten können. Selbstverständlich müssen solche Fehler bei der Reparatur ebenfalls abgestellt werden. Sie werden als Verstimmung bezeichnet und sind scharf von Fehlern zu unterscheiden, die Unterschiede gegenüber dem vom Konstrukteur beabsichtigten Zustand darstellen.

Fehler und Verstimmung überdecken sich in ihren Wirkungen sehr oft. Jede Untersuchung eines Empfängers muß *zuerst auf Fehler ausgehen* und dann im Verlauf der Reparatur Verstimmungen beseitigen, damit als Erfolg eine Leistung herauskommt, für die die ursprüngliche des neuen Empfängers Maßstab sein muß.

In der Praxis wirkt sich der Unterschied zwischen Fehler und Verstimmung so aus, daß ein zu reparierendes Gerät zuerst einmal einen Ton von sich geben muß und sei er noch so leise und noch so verzerrt. Ergibt dann eine genaue Überprüfung, daß nicht ein Fehler Ursache des mangelhaften Arbeitens ist, so beginnt das Nachstimmen, durch das die unter den gegebenen Umständen bestmögliche Leistung erzielt werden muß. In diesem Sinne bedeutet Nachstimmen nicht allein die Wiederherstellung des richtigen Zusammenspiels von Resonanzkreisen, sondern auch Maßnahmen zum verzerrungsfreien Arbeiten des Niederfrequenzverstärkers, der Umsetzung von Niederfrequenz in Schall und dessen Abstrahlung.

Theoretische Kenntnisse unerläßlich

Wenn Fehlersuche nicht dem Herumstochern im Heuschober gleichen soll, sind lückenlose theoretische Kenntnisse unerläßlich. Niemand kann ein Gerät reparieren, wenn er nicht die Funktion eines jeden Einzelteils und jeder Stufe und das beabsichtigte Zusammenwirken aller Elemente kennt. Darin unterscheiden sich elektrische und hochfrequenztechnische Geräte grundlegend von allen anderen, in denen sich etwas bewegt. Es kann jemand ein tüchtiger Mechaniker sein und eine Schreibmaschine vorbildlich reparieren, ohne die Hebelgesetze zu kennen. Ohne Kenntnis der Gesetze und der Wirkungen der Elektrizität ist die Reparatur einer elektrischen Maschine und erst recht die eines Rundfunkempfängers unmöglich. Fertigkeiten allein helfen gar nichts und ebensowenig Erfahrung, wenn sie nicht durch theoretische Kenntnisse untermauert sind.

Angesichts eines zu reparierenden Gerätes gilt der erste Gedanke der *Idee,* die der Konstrukteur in ihm verwirklicht hat. An Zahl und Art der Röhren ist zwar schnell zu erkennen, um welche Empfänger-Art es sich handelt, um Einkreiser, Zweikreiser oder Super, und in mühevoller Arbeit ließe sich aus der Schaltung auch das Schema herauszeichnen. Da es eine ganze Reihe guter Schaltbildsammlungen gibt,

wird man zum Plan des gerade vorliegenden Empfängers greifen. Ist das Schaltbild nicht vorhanden, so muss der Reparierende aus seiner Kenntnis der Materie heraus ein Bild der Schaltung und der ungefähren elektrischen Größen der wichtigsten Einzelteile im Kopf haben. In dieser unabdingbaren Notwendigkeit liegt eine der wichtigsten persönlichen Voraussetzungen für erfolgreiche Tätigkeit in der Reparatur. Auch wenn das Schaltbild vorliegt, darf es dem Reparierenden nicht nur eine Ansammlung von Symbolen und Wertangaben sein, sondern er muß daraus sowohl den Zweck eines jeden Einzelteils als auch das Arbeiten der Stufen einzeln als auch in ihrer Gesamtheit erkennen können. Theoretische Überlegungen müssen die Reparatur von Anfang bis zum Ende begleiten. *Reparatur ist ebenso eine praktische Anwendung der Theorie, wie es der Entwurf einer Schaltung ist.*

Aus theoretischen Überlegungen sind denn auch alle *Methoden der systematischen Fehlersuche* entstanden. Sie verfolgen den Zweck, auf dem kürzesten Wege auf jeden möglichen Fehler zu stoßen. Ausgangspunkt aller Untersuchungen ist die Stromversorgung als erste Voraussetzung zum Empfang. Von dort tasten sich die meisten Methoden zum Geräteeingang unter der richtigen Voraussetzung, daß das gesamte Geräte arbeiten muß, wenn alle seine Stufen in Ordnung sind. Wenn es trotzdem Methoden der Fehlersuche gibt, die mit Untersuchungen am Empfängereingang beginnen und von dort zum Ausgang fortschreiten, so ändert das grundsätzlich nichts am Gang der Handlung, weil diese Methoden in der Hauptsache auf die Erzielung größtmöglicher Leistung abgestellt sind, also hauptsächlich dem als Abgleich bezeichneten Vorgang dienen. Sie gestatten zwar die Feststellung, bis zu welcher Stufe ein Gerät arbeitet, doch müssen zur Auffindung des eigentlichen Fehlers Wege der systematischen Suche beschritten werden.

A. Spannungs-, Strom- und Widerstandsanalyse

Reparatur ist in der Hauptsache Wiederherstellung des ursprünglichen Zustandes, weil angenommen werden darf, daß jedes Gerät bereits gearbeitet hat. Der allergrößte Teil der dazu erforderlichen Voraussetzungen ist bei dem zu reparierenden Gerät noch gegeben, doch liegt ein Mangel vor oder auch deren mehrere, die diesem Zustand im Augenblick der Reparatur entgegenstehen. Nimmt man grundsätzlich Röhren als wesentlichsten Bestandteil und häufige Fehlerquelle eines Empfängers aus, so kann der Fehler nur an einer Unterbrechung in der Schaltung oder in einer unbeabsichtigten elektrischen Verbindung (Kurzschluß) liegen. Solche Mängel aber machen sich durch fehlende Spannung an einer ganzen Reihe von Punkten, durch fehlenden Strom in Leitungen und durch Widerstände bemerkbar, die von denen des Betriebszustandes abweichen. Spannungs-, Strom- und Widerstandsmessungen können infolgedessen als Anhaltspunkte dienen, wo Fehler stecken. Bei der Suche nach solchen Folgen von Fehlern werden die verschiedenen im Gerät vorkommenden Spannungs-, Strom- und Widerstandswerte untersucht, sie werden einer *Analyse* unterzogen, weshalb man auch von der Spannungsanalyse, der Stromanalyse und der Widerstandsanalyse als je einer Methode systematischer Fehlersuche spricht.

Röhren spielen im Empfänger insofern eine entscheidende Rolle, als die meisten der Schaltmaßnahmen getroffen sind, um die zu ihrem Arbeiten erforderlichen Voraussetzungen zu schaffen. Da das Röhreninnere unzugänglich ist und dort im gegebenen Falle mit den Sinnen doch nichts auszurichten wäre, wird die Untersuchung der Röhren aus dem Gang der Reparatur herausgenommen und getrennt — meist vorweg - angestellt.

1. Die Spannungsanalyse

Die Spannungsanalyse geht von der Spannungsquelle aus, dem Netzstecker oder den Batterien. In der Annahme, daß

ein Empfänger arbeitet, wenn alle seine Röhrenpole die vorgesehenen Spannungen aufweisen, werden alle Spannungen von der Quelle an bis zu den Röhrenpolen verfolgt oder - einfacher - es wird die Spannung eines jeden Röhrenpols gemessen, und erst wenn dort eine unzulässige Abweichung festgestellt ist, wird der Weg zur Spannungsquelle rückwärts verfolgt. Die Messungen werden mit dem Voltmeter vorgenommen. Fehlt die Spannung an einem Röhrenpol, so ergibt die rückschreitende Messung an der Zuführung den Punkt, an dem noch Spannung herrscht, in dessen Nähe also ein Fehler liegen muß, sei es eine Unterbrechung, ein Schluß oder auch — bei unrichtigem Spannungswert — ein falscher Widerstandswert.

Zur Erläuterung von Einzelheiten einer Spannungsanalyse zeigt Bild 1 den gesamten Stromkreis zur Versorgung der Pentode einer Spannungsverstärkerstufe. Das Schema läßt die Höhe der Ströme und die an den verschiedenen Punkten herrschenden Spannungen erkennen. Wird der Siebkondensator **C2** als Spannungsquelle aufgefaßt, die 250 Volt aufweist, so bringt bei einem Strom von 1 mA der Siebwiderstand $\mathbf{R_1}$ einen Spannungsabfall von 50 Volt hervor, der Anodenwiderstand **R2** bei einem Strom von 0,75 mA einen solchen von 150 Volt und der Schirmgitterwiderstand **R3** bei 0,25 mA 175 Volt. Wenn die Stufe ordnungsgemäß arbeiten soll, müssen also an der Anode der Pentode 50 Volt und am Schirmgitter 25 Volt Spannung herrschen. Dann bringt der Katodenstrom von 1 mA am Widerstand **R4** einen Spannungsabfall von 2 Volt hervor, um die die Katode gegenüber dem Chassis positiv vorgespannt erscheint.

Im Gange einer Spannungsanalyse werden die Messungen an den durch Kreise und Pfeile bezeichneten Punkten in der Reihenfolge der eingeschriebenen Zahlen vorgenommen. Sollte die Messung (1) an der Anode keine Spannung ergeben, so ist die Leitung mit den Widerständen bis zum Netzanschlußteil in der Reihenfolge **(3), (4), (5)** zu verfolgen. Stellt sich dabei heraus, daß etwa am Punkt (4) Spannung herrscht, so ist entweder der Widerstand R_1 defekt oder der Kondensator **C3** weist einen Durchschlag auf. Wenn der

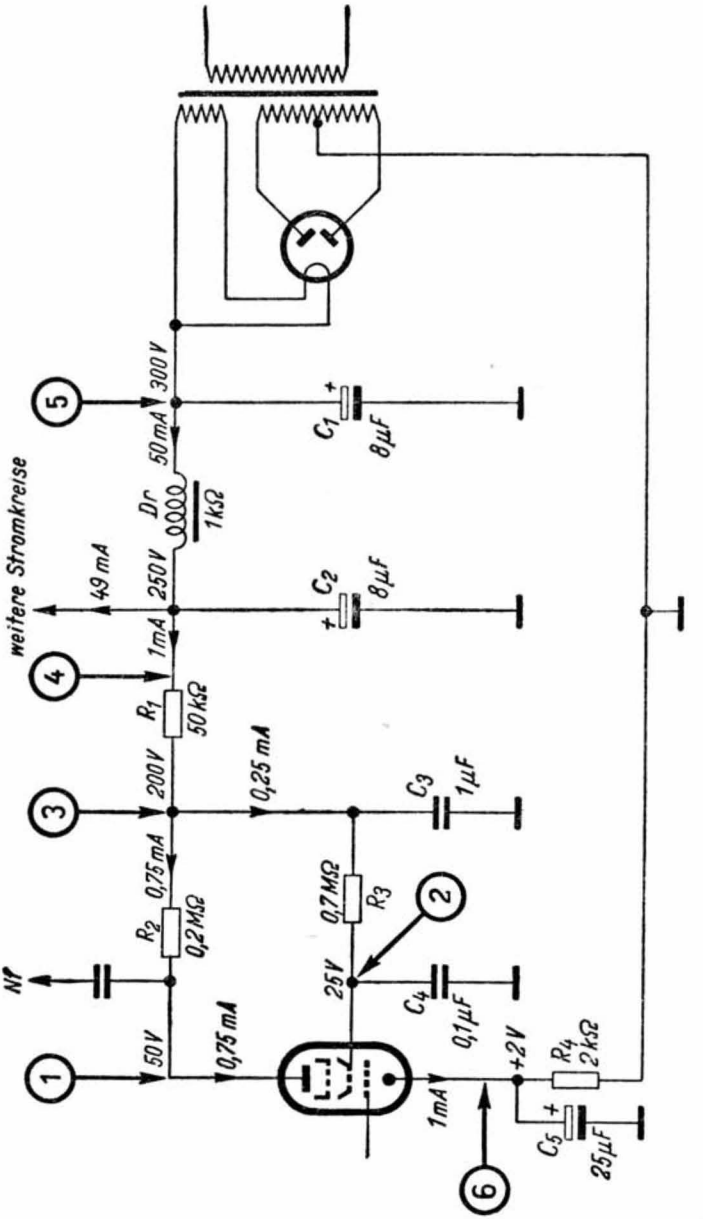


Bild 1. Stromkreis zur Versorgung einer Nf-Verstärkerröhre

Fehler am Kondensator C3 liegt, ist meist auch der Widerstand R_1 infolge Überlastung verbrannt.

Bild 1 läßt einen erheblichen Mangel aller Spannungsmessungen zum Zwecke der Spannungsanalyse erkennen. Das Messinstrument bildet im Betriebsstromkreis einen Neben-

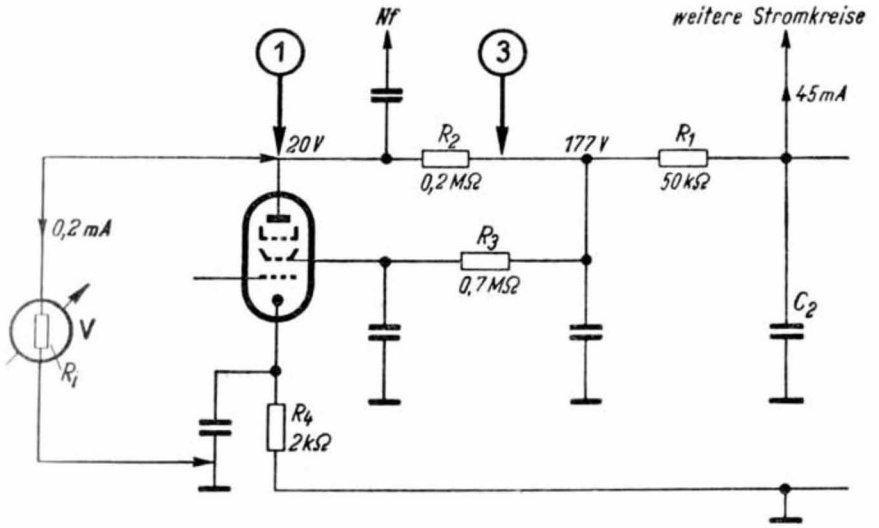


Bild 2. ***Beeinflussung der Betriebsspannung einer Nf-Verstärkerröhre durch Anlegen eines Voltmeters an die Anode***

schluß, durch den alle Spannungswerte verfälscht werden, so daß ganz andere, nämlich niedrigere Spannungen angezeigt werden, als es die Betriebsspannungen sind. Dieser Fall ist in Bild 2 dargestellt. Es handelt sich um die gleiche Schaltung wie in Bild 1 mit der gleichen Spannung von 250 Volt am Siebkondensator C2. Zwischen Punkt (1) und Chassis ist ein Voltmeter V von 1000 Ohm je Volt und mit dem Meßbereich 0...100 Volt geschaltet. Zwischen Punkt (1) und dem Chassis liegt nun ein Widerstand von 100 kOhm, der innere Widerstand des Voltmeters. Das Instrument zeigt 20 Volt an, was einem durch es hindurchfließenden Strom von 0,2 mA entspricht. Dieser Strom durchfließt aber auch die Widerstände R_1 und R_2 und erzeugt in ihnen einen — zusätzlich zu dem vom Betriebsstrom verursachten — weiteren Spannungsabfall. Das Voltmeter V zeigt also nicht die an Punkt (1) herrschende Betriebsspannung 50 Volt an, sondern deren nur 20. Nach Anlegung des Voltmeters herrscht an Punkt (3) nicht mehr die Betriebsspannung von 200 Volt, sondern nur noch eine solche von 177 Volt. Die Höhe der gemessenen Spannungen hängt in erheblichem Maße vom inneren Widerstand des Voltmeters ab und schwankt sowohl mit dem Widerstand je Volt als auch mit dem benutzten Meßbereich.

Messungen der Betriebsspannungen ohne Beeinflussung sind nur mit einem Voltmeter unendlich großen inneren Widerstandes möglich, wie es im Röhrenvoltmeter gegeben ist. Wenn geringe Verfälschungen der Betriebsspannungen durch das Meßinstrument in Kauf genommen werden, genügt ein Voltmeter höhen inneren Widerstandes je Volt. Hierzu zählen Instrumente von 20 000 bis 50 000 Volt je Ohm. Bei einem Meßbereich von 0...500 Volt weisen sie einen inneren Widerstand von 10 bis 50 MOhm auf. Dieser Widerstand ist bereits sehr groß gegenüber den in dem zu messenden Stromkreis vorkommenden Widerständen, und der durch das Instrument fließende Strom ist sehr viel kleiner, als der Betriebsstrom des Kreises.

Da für die Praxis nicht damit gerechnet werden kann, daß Voltmeter so hohen inneren Widerstandes zur Verfügung stehen, wird für die Messungen ein bestimmter innerer Widerstand des Voltmeters angegeben (z. B. 1000 Ohm/V oder 333 Ohm/V) und ein bestimmter Meßbereich vorgeschrieben. Die Gerätehersteller geben im Schaltschema eines jeden Empfängers die Spannungswerte an, die unter dieser Voraussetzung an bestimmten Punkten des Gerätes gemessen werden müssen, wenn der Empfänger die vom Erzeuger beabsichtigten Eigenschaften besitzen soll. Es werden also im Schaltschema nicht die Betriebsspannungen angegeben, sondern die unter dem Einfluß des Meßinstruments zusammengebrochenen Spannungen. Dabei darf im praktischen Betrieb nicht vergessen werden, daß die Spannungsmessungen nur dann einen Wert besitzen und mit den im Schaltschema angegebenen Größen verglichen werden können, wenn die Voraussetzungen des inneren Widerstandes und des Meßbereichs erfüllt sind.

Im Gange einer Fehlersuche achtet der Praktiker allerdings selten auf die Höhe der gemessenen Spannung. Ihm kommt es vor allem darauf an, daß an bestimmten Punkten überhaupt Spannung herrscht, für deren gemessenen Wert mit dem von ihm ständig benutzten Instrument er aus der Erfahrung heraus ein Gefühl hat. Erst wenn es darauf ankommt, einen Empfänger auf beste Leistung zu bringen,

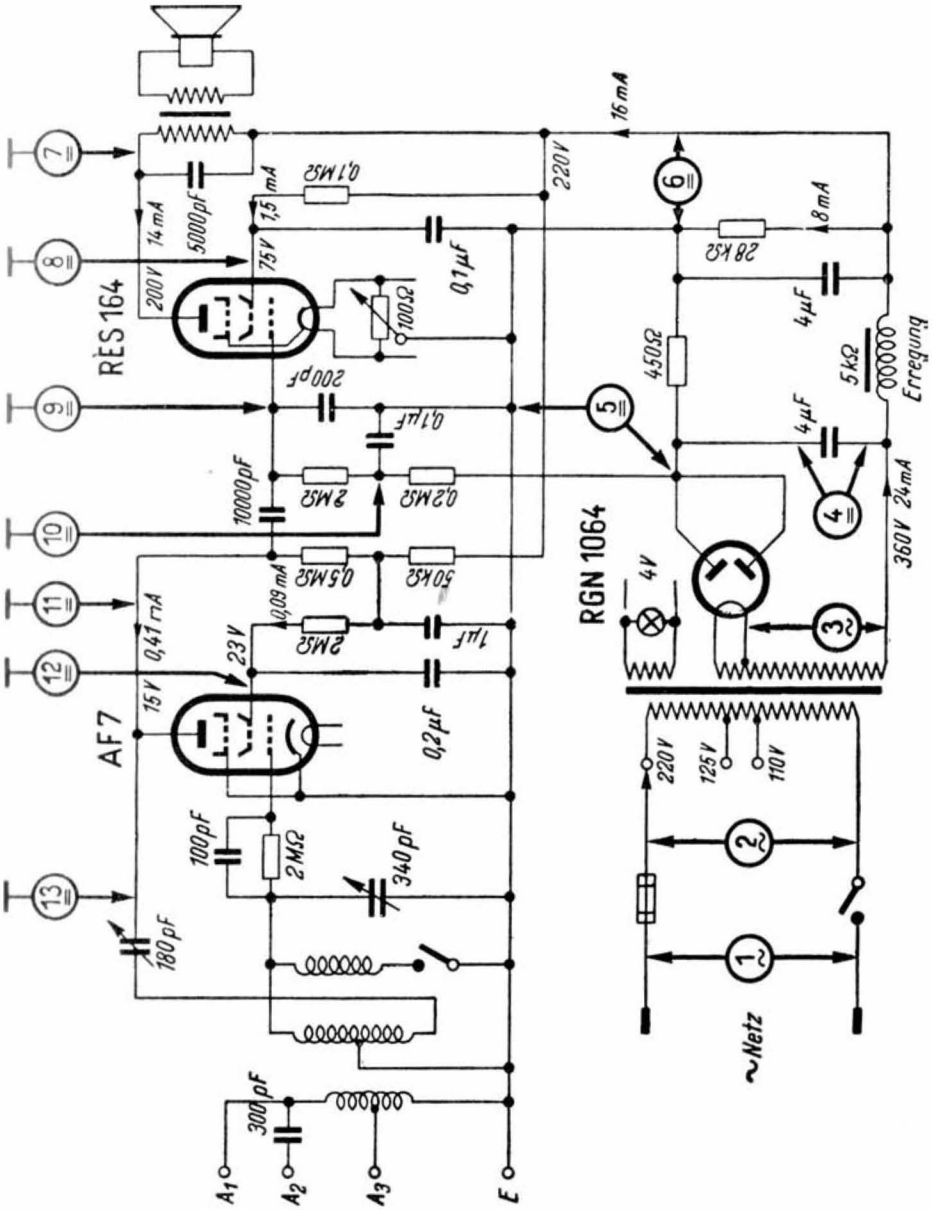


Bild 3. Schaltung des VE 301 W dyn mit den Meßpunkten

interessiert ihn der genaue Spannungswert, an Hand dessen er feststellt, ob nicht irgendwo im Stromkreis ein schädlicher Nebenschluß besteht, wie ihn etwa ein Kondensator mit geringem Isolationswiderstand darstellt.

Reihenfolge und Art der Messungen im Gange einer Spannungsanalyse zeigt das in Bild 3 wiedergegebene Schaltschema des Volksempfängers VE dyn W. Darin sind auch die Messungen von Wechselspannungen enthalten, die über die Netzschnur, Sicherung, Schalter und Netztransformator Aufschluß geben sollen. Allerdings wird man in der Praxis auf dieses Messungen verzichten, wenn am Ladekondensator die geforderte Spannung von 360 Volt herrscht, wie denn die Reihenfolge der Messungen von jedem Praktiker anders gehandhabt wird.

Was die Spannungsanalyse zu leisten vermag, sei an Hand des Schaltschemas einer Endstufe mit der Röhre AL 4 (EL 11, EL 3) gezeigt, wie sie in Bild 4 dargestellt ist. Die vier mit Kreis und Pfeil angedeuteten Spannungsmessungen geben ein lückenloses Bild über die Stufe und den Zustand der Röhre. Am Schirmgitter, Punkt (1), liegt die volle Betriebsspannung von 275 Volt. Der Ausgangstransformator verursacht infolge seines ohmschen Widerstandes einen Spannungsabfall von 25 Volt, so daß an der Anode 250 Volt auftreten. Der gesamte Strom bringt am Katodenwiderstand von 150 Ohm einen Spannungsabfall von 6 Volt hervor, der Punkt (3) gegen das Chassis um 6 Volt positiv vorgespannt erscheinen läßt. An Punkt (4) darf keinerlei Spannung feststellbar sein, weil Spannung dort einen Fehler anzeigt, sei es, daß der Isolationswiderstand des Kopplungskondensators zur voraufgehenden Stufe zu gering ist oder daß das Vakuum der Röhre zu gering ist und ein Gitterstrom auftritt, der am Gitterableitwiderstand einen Spannungsabfall erzeugt.

Fehlender Spannungsabfall zwischen den Punkten (1) und (2) zeigt einen Schluß in dem dazwischenliegenden Blockkondensator an oder aber das Fehlen jeglichen Anodenstroms. In letzterem Fall weist Punkt (3) keine Spannung auf, weil ohne Strom am Katodenwiderstand kein Spannungsabfall eintreten kann. Ist die Spannung an Punkt (2) wesent-

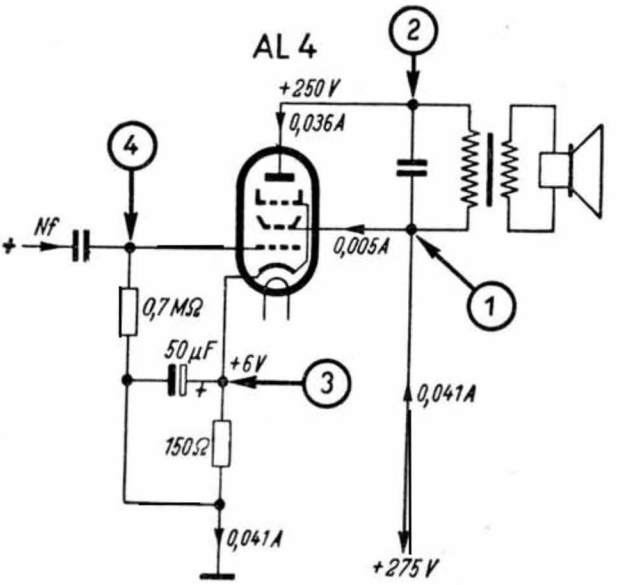


Bild 4. Spannungs- und Stromanalyse einer Lautsprecherstufe

lich höher als 250 Volt, so hat die Emissionsfähigkeit der Katode nachgelassen und es kommt nicht mehr der Spannungsabfall von 25 Volt zustande. Daneben kann aber auch der Katodenwiderstand zu groß sein, was sich durch zu hohe Spannung an Punkt (3) erweist. Wird die Röhre voll ausgesteuert, so dürfen an Punkt (3) keinerlei Spannungschwankungen festzustellen sein, weil der Überbrückungskondensator von 50 µF sie ausgleichen muß. Treten doch Schwankungen auf, so ist - falls die Röhre nicht übersteuert ist - der Überbrückungskondensator zu klein oder gänzlich taub.

2. **Die Stromanalyse**

Bei der Spannungsanalyse wird im Grunde nichts anderes gemessen als die Spannung, wie sie sich nach Abzug des durch den Strom an Widerständen verursachten Spannungsabfalls an verschiedenen Punkten des Empfängers darbietet. Es liegt also nichts näher, als den den Spannungsabfall verursachenden Strom selbst zu messen. Solche Strommessungen haben zudem den Vorteil, die Strom- und Spannungsverhältnisse

nicht nennenswert zu beeinflussen, weil der Widerstand des Strommessers klein ist. Auf diesem Wege wäre ein viel genaueres Bild zu erzielen. Dem steht die schwerwiegende Tatsache entgegen, daß jede Leitung zum Zwecke der Strommessung aufgetrennt werden muß, ein Verfahren, das im Zuge einer Fehlersuche viel zu viel Arbeit und Zeit erfordern würde. Es wird darum nur selten angewendet, wenn verschiedene Umstände zusammentreffen, die kein klares Spannungsbild erkennbar werden lassen oder wenn bei Zweifeln eine endgültige Entscheidung zu treffen ist.

An welchen Stellen Ströme zu messen sind und mit welchen Größen zu rechnen ist, geht aus den in den Bildern 1 und 4 eingetragenen Werten hervor. Insbesondere Bild 1 läßt erkennen, daß eine lückenlose Stromanalyse an der Zahl der nötigen Auftrennungen von Leitungen scheitern muß, und daß die Spannungsanalyse trotz ihrer angeborenen Mängel bedeutend schneller zum Ziel führt.

Für bestimmte Fälle gibt es aber auch Ausnahmen von dieser Regel. Zwischen Röhrensockel und Röhrenfassung bietet sich verhältnismäßig einfach Gelegenheit, eine Reihe von Stromkreisen zu unterbrechen und einen Strommesser einzuschalten. Es geschieht dies durch einen Zwischensockel, der oben eine Röhrenfassung und unten einen Röhrensockel trägt. Eine solche Anordnung heißt R ö h r e n a d a p t e r. Die Verbindungen entsprechender Pole in Fassung und Sockel des Adapters sind nach außen an je einen Schalter geführt, der geöffnet werden kann und so bequem die Einschaltung eines Strommessers gestattet (Bild 5). Da die meisten der Röhren eines Empfängers gut zugänglich angebracht sind, bietet der Röhrenadapter zusammen mit den Vorzügen der Strommessungen bestechende Vorteile. Besonders in den USA hat man ihn zu einem recht komplizierten Gerät ausgebaut, in dem die Unterbrechung der verschiedenen Leitungen und die Einschaltung eines Stromessers mit einem Griff geschieht. Schalter und Meßinstrument sind in einem Kasten untergebracht, an den durch Steckerleisten die Leitungen zu Zwischensockeln für verschiedene Sockelarten angeschlossen werden können.

Allerdings ist auch der Röhrenadapter nicht in allen Fällen ohne Makel. Dies gilt vor allen Dingen bei seiner Verwendung an Hf-Verstärkerstufen. Dann macht sich die Kapazität störend bemerkbar, die die nötigerweise langen Leitungen von der Fassung zum Sockel des Adapters in die Schaltung hineintragen. Sie verstimmen die in den Leitungen liegenden Resonanzkreise und können bei Oszillatoren zum völligen

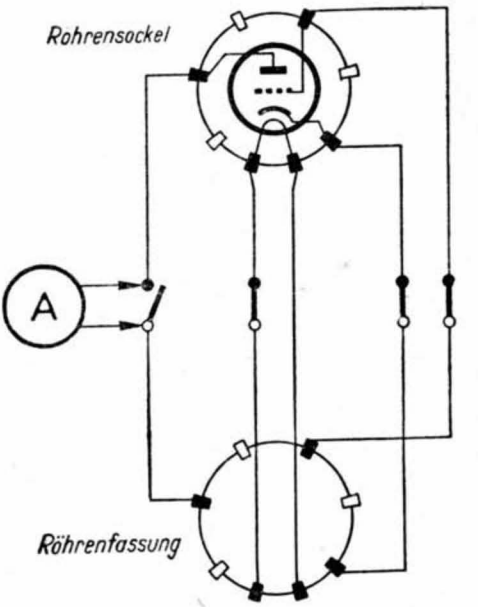


Bild 5. Schaltung eines einfachen Röhren-Adapters bei Anodenstrommessung

Aussetzen der Schwingungen führen. Darum beschränkt sich die Verwendung des Röhrenadapters in der Hauptsache auf Nf-Stufen, bei denen seine Kapazitäten keinen nennenswerten Einfluß ausüben.

Wie der Röhrenadapter selbst ist auch eine ähnliche Anordnung im letzten Jahrzehnt in Vergessenheit geraten, die Verbindung des Adapters mit einem zweiten Röhrensockel. Durch eine entsprechende Umschaltung kann dadurch wahlweise die zum Gerät gehörende Röhre und eine zweite zum Zwecke des Vergleichs mit einem Griff in Betrieb genommen werden. Dieses Verfahren ist von Wert, wenn für einen gegebenen Fall die am besten arbeitende Röhre ausgesucht werden soll. Dies gilt in der Hauptsache für Nf-Verstärker

und Endröhren, bei denen durch pausenlosen Vergleich die lauter oder sauberer arbeitende ermittelt werden kann.

3. Die Widerstandsanalyse

Spannung und Strom sind nach dem Ohmschen Gesetz durch den Widerstand miteinander verknüpft. Darum läßt sich ebenso wie Spannung und Strom der Widerstand zum Zwecke der Fehlersuche messen. Leitungsunterbrechungen und Schlüsse werden dann durch zu großen oder zu geringen Widerstand offenbar. Das Verfahren wird als Widerstandsanalyse bezeichnet und besitzt gegenüber der Spannungs- und Stromanalyse beachtliche Vorteile.

Im Gegensatz zu Spannungs- und Stromanalyse wird die *Widerstandsanalyse am kalten Gerät* vorgenommen. Durch Widerstandsmessungen wird der Widerstand der verschiedenen Schaltverbindungen bestimmt und mit demjenigen Wert verglichen, der sich aus der Addition aller Einzelwerte nach dem Schaltschema ergibt. In erster Linie sind es auch hier die Röhrenpole, an denen der Widerstand gemessen wird. Aus der Natur der Sache ergeben sich aber verschiedene Punkte, gegen die die Messung erfolgt. Bei Röhrenpolen, die mit dem positiven Pol der Anodenstromquelle verbunden sind, erfolgt die Messung zwischen dem Pol der Röhrenfassung und dem Pluspol des Ladekondensators, bei solchen, die mit dem negativen Pol verbunden sind, gegen das Chassis.

Während Spannungs- und Stromanalyse sich nur auf solche Punkte beschränken, die ein vom Chassis verschiedenes Potential führen, erfaßt die Widerstandsanalyse jede Verbindung. Es können also auch solche Leitungen untersucht werden, die im Betrieb nur Hochfrequenz führen. Dazu gehört ein großer Teil der Schwingungskreise, Wellenschalter, Chassisverbindungen usw.

Ein weiterer Vorteil der Widerstandsanalyse ist der, daß ein bestehender Fehler keinen Schaden anrichten kann, wenn das Gerät zu seiner Entdeckung in Betrieb genommen werden müßte. Die zu Widerstandsmessungen erforderliche

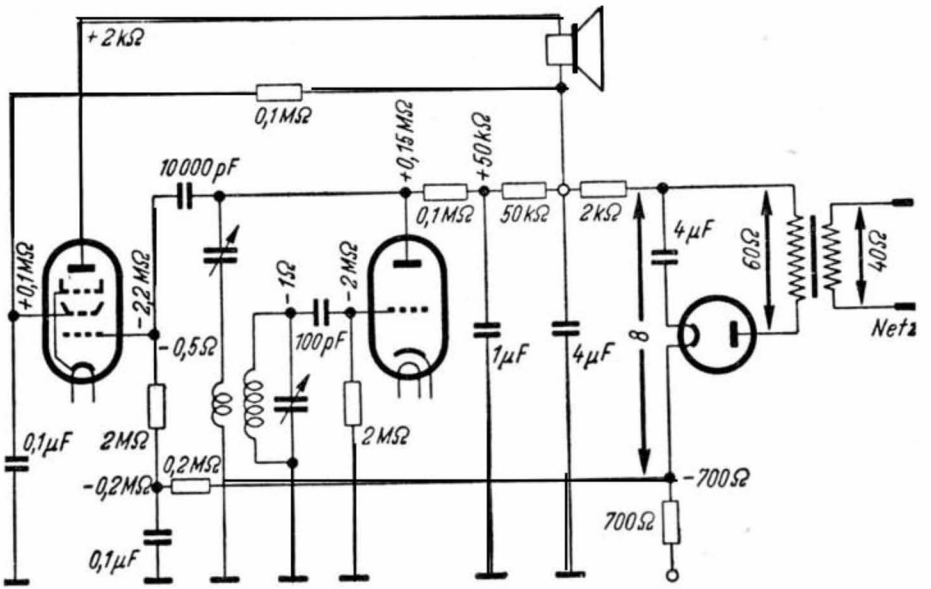


Bild 6. Widerstandsanalyse an einem Einkreiser

Spannung entstammt nicht dem untersuchten Empfänger, sondern dem Widerstandsmeßgerät. Sie ist so niedrig und die Meßströme sind so klein, daß sie auf keinen Fall Schaden anrichten können.

Schließlich ist die Widerstandsanalyse in den meisten Fällen recht bequem durchzuführen, weil die wichtigsten Messungen zwischen den Röhrenpolen und dem Sieb- oder Ladekondensator oder zwischen den Röhrenpolen und dem Chassis ausgeführt werden, also zwischen Punkten, die ohne Ausbau des letzteren erreichbar sind.

Aus den angeführten Gründen gehen einige Gerätehersteller dazu über, in den zum Zwecke der Reparatur herausgegebenen Schaltschemen nicht nur Spannungs- und Stromwerte, sondern auch den Widerstand zwischen den einzelnen Röhrenpolen und dem positiven Pol der Anodenstromquelle oder dem Chassis anzugeben. Hinzu kommen in einigen Fällen Angaben über den Widerstand der Spulen, so daß umfassende Untersuchungen möglich sind und kaum ein Fehler der Aufmerksamkeit entgehen kann. Darum verdient die Fehlersuche durch Widerstandsanalyse größte Beachtung

durch den Praktiker. Der Gang einer Widerstandsanalyse ist an Hand des Schaltschemas **Bild 6** dargestellt. Das Schaltschema eines Einkreisers zeigt den Widerstandswert, den jeder Punkt gegen den Siebkondensator (+) oder gegen Chassis (—) aufweisen muß.

4. Kombinationen für die Praxis

Es ist nun nicht so, daß der Praktiker immer nur eine der genannten Methoden zu Fehlersuche verwenden würde. Zu einer solchen Einseitigkeit könnte auch gar nicht geraten werden. Die Fehlersuche soll so schnell wie möglich zum Ziel führen und darf darum nicht in Prinzipienreiterei ausarten. Hinzu kommt, daß die Erfahrung viele der angeführten Messungen überflüssig macht. Oft läßt auch der Augenschein Fehler erkennen, deren Ursachen von ungezählten früheren Fällen her bekannt sind. Die Fehlersuche geht dann ohne nähere Untersuchung oder mit nur ganz wenigen Messungen vor sich.

Aber auch bei eingehender Untersuchung eines Empfängers wird der Praktiker ohne Rücksicht auf die jeweilige Methode diejenigen Messungen ausführen, die am einfachsten sind und am schnellsten zum Ziel führen. Das ist auch der Grund, warum die Stromanalyse in der Praxis eine so unbedeutende Rolle spielt. Spannungs- und Widerstandsanalyse überragen sie bedeutend.

5. Instrumente zur Spannungs-, Strom- und Widerstandsanalyse

In der Praxis spielt das für die Messungen notwendige Instrument eine wesentliche Rolle. In vielen Fällen bestimmt es sogar die Art der vorgenommenen Messungen, weil diejenigen unter den möglichen ausgewählt werden, die bei einem gegebenen Instrument das genaueste Ergebnis versprechen. Ferner sollte auf Einfachheit und Preiswürdigkeit des Instrumentes gesehen werden. Der Gegenstand der Un-

tersuchung ist bereits kompliziert genug, um alle Aufmerksamkeit des Reparierenden in Anspruch zu nehmen; ein kompliziertes Instrument bedeutet eine schädliche Ablenkung. Einfache und im Umfang geringe Instrumente lassen Spielraum hinsichtlich des Ortes der Reparatur zu und binden ihn nicht unbedingt an die Werkstatt. Das preiswürdige Instrument geht nur mit einem geringen Kostenanteil in die einzelne Reparatur ein und verbilligt somit die Selbstkosten.

An der Spitze der Instrumente zur Durchführung von Spannungs-, Strom- und Widerstandsmessungen steht das *Universal-Volt-Amperemeter für Gleich- und Wechselstrom,* das ohnehin in keiner Werkstatt fehlen darf. Es soll einen möglichst hohen inneren Widerstand je Volt aufweisen, damit seine verfälschende Wirkung klein bleibt. Zu fordern sind Instrumente von 10 000 bis 50 000 Ohm je Volt, wie sie auf dem deutschen Markt zur Zeit nur in wenigen Modellen anzutreffen sind. Möglicherweise wird hier das *Drehmagnetsystem* Wandel schaffen, das sich recht robust und ohne hohe Kosten mit einem inneren Widerstand von 50 000 WV verwirklichen läßt. Mit einem solchen Instrument kann bereits die Schwundregelspannung messend verfolgt werden, die bei Benutzung der gebräuchlichen Universalinstrumente gänzlich zusammenbricht.

Für Widerstandsmessungen ist das einfache *Taschenohmmeter* aus Batterie und Strommesser allen anderen Instrumenten vorzuziehen. Da das Meßwerk zugleich in einfachster Weise auch zu Gleichstrom- und Gleichspannungsmessungen herangezogen werden kann, läßt sich ein recht einfaches und universell verwendbares Instrument aufbauen, mit dem fast alle Messungen möglich sind, die zur Durchführung von Spannungs-, Strom- und Widerstandsanalyse erforderlich sind. Werden in diesem Falle Wechselspannungsmessungen durch Widerstandsmessungen ersetzt, so bleibt tatsächlich kein Wunsch offen.

Das Beispiel für ein solches Instrument zeigt das Schaltschema Bild 7. Durch Betätigung eines einzigen Umschalters können folgende neun Betriebsarten und Bereiche gewählt werden: Voltmeter 0...10 V, 0...100 V, 0...1000 V; Amperemeter

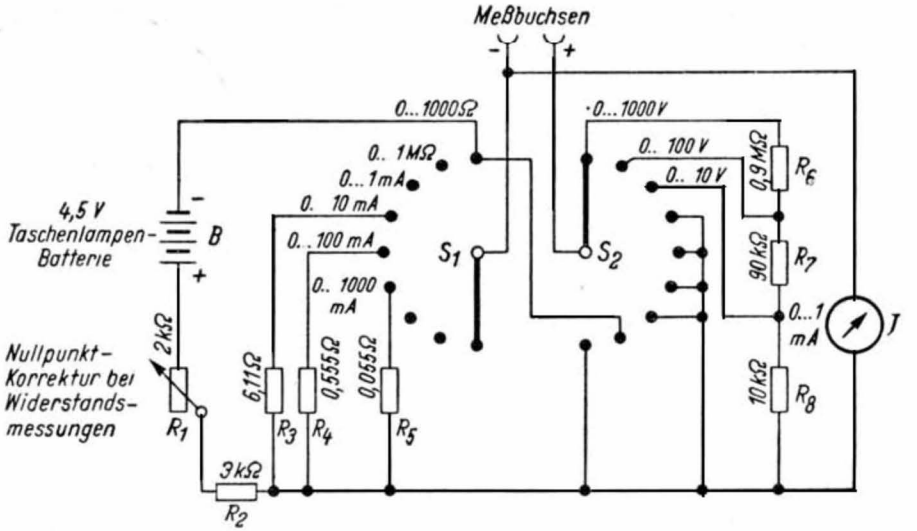


Bild 7. Volt-, Ampere- und Ohmmeter mit neun Meßbereichen

0...1 mA, 0...10 mA, 0...100 mA, 0...1000 mA; Ohmmeter 0...1 MOhm, 0...1 kOhm Mit einem Milliamperemeter 0...1 mA ergibt sich für die Spannungsmeßbereiche ein innerer Widerstand von 1000 Ohm/V. Bei Verwendung eines Mikroamperemeters 0...50
ergibt sich ein innerer Widerstand von 20 000 Ohm/V.

Zwei neunpolige Schalter S_1 und S_2 sitzen hintereinander auf gemeinsamer Achse. Mit ihrer Hilfe können die Widerstände R_6, R_7 und R_8 einzeln oder in Reihe zwischen die Meß- buchsen und das Milliamperemeter I geschaltet werden, so daß sich drei Spannungsbereiche ergeben. Ferner kann jeder der Widerstände R_3, R_4 und R_5 parallel zum Instrument gelegt werden, wodurch drei Strombereiche entstehen. Die Ermittlung der drei Parallelwiderstände erfolgt zweckmäßig in einer Eichanordnung, bei der ein Normalinstrument und das zu eichende Instrument in Reihe liegen. Fließt dann durch den gesamten Stromkreis ein Strom des gewünschten Endausschlages, der am Normalinstrument festgestellt wird, so wird durch Verändern des Parallelwiderstandes zu I auch bei diesem Endausschlag einreguliert.

Beim Einschalten des großen Widerstandsmeßbereiches liegen zwischen den Meßbuchsen das Instrument I, die Widerstände R_1 und R_2 sowie die Taschenlampenbatterie B in Reihe.

Werden die Meßbuchsen direkt miteinander verbunden, so kann am Widerstand R_1 Vollausschlag am Instrument I eingestellt werden. Er entspricht dem Widerstand null zwischen den Meßbuchsen. Wird dort ein Widerstand eingeschaltet, so kommt ein kleinerer Ausschlag zustande. Dem Nullpunkt der Widerstandsskala entspricht also der Höchstausschlag des Instruments. Widerstands- und Stromskala verlaufen in entgegen gesetzter Richtung.

Beim Einschalten des kleinen Widerstandsmeßbereiches wird ein Stromkreis aus der Batterie B, dem Meßinstrument I und den Widerständen R_1 und R_2 geschlossen. Die Meßbuchsen liegen parallel zum Meßinstrument. Ein dort angelegter Widerstand bildet einen Nebenweg für den Strom, so daß der durch das Instrument fließende abnimmt. Seine Abnahme ist das Maß für den angelegten Widerstand, und zwar sinkt der Ausschlag mit sinkendem Außenwiderstand. Die Skala für den kleinen Widerstandsmeßbereich verläuft der des großen entgegengesetzt.

Das Instrument I erhält also drei Skalen, eine hundertteilige für die Strom- und Spannungsbereiche und zwei für die Widerstandsbereiche. Da angenommen werden darf, daß die hundertteilige Skala bereits vorhanden ist, müssen die Skalen für die Widerstandsbereiche hinzugezeichnet werden. Die Eichpunkte werden am einfachsten durch Anlegen entsprechender bekannter Widerstände an die Meßbuchsen ermittelt[1]).

Um die Zahl der zur Fehlersuche notwendigen Mittel voll zu machen, muß hier der *Prüfkondensator* erwähnt werden. Im Gange einer Spannungs-, Strom- oder Widerstandsanalyse macht sich ein Kondensator der Schaltung, dessen Isolationswiderstand zu niedrig oder der durchgeschlagen ist, durch falsche oder fehlende Spannung, zu geringen Strom oder Widerstand bemerkbar. Ein tauber Kondensator wird aber nicht ohne weiteres durch Messen ermittelt. Ist er Glied einer Siebkette, so verrät er sich durch Brummen. Da sich nicht unter allen Umständen sicher feststellen läßt, ob ein Brum-

[1]) Noch genauer ist es, wenn die Skalenpunkte berechnet werden.

men durch den Ausfall eines Kondensators entsteht oder andere Ursachen hat (z. B. durch Einstreuung eines Magnetfeldes, mangelhafte Abschirmung, Modulationsbrummen usw.), ist es auf alle Fälle zweckmäßig, alle vorhandenen Kondensatoren probeweise mit einem Prüfkondensator zu überbrücken. Das gilt auch für die Niedervolt-Elektrolytkondensatoren, die Katodenwiderstände überbrücken und bei Ausfall der Kapazität Stromgegenkopplung und damit erheblichen Lautstärkeverlust verursachen. Am geeignetsten sind als Prüfblocks Kondensatoren mit festem Dielektrikum von 8 hoher Prüfspannung und besonders guter Qualität (Metall-Papier-Kondensatoren).

B. Signalzuführung und Signalverfolgung

Alle bisher betrachteten Maßnahmen zur Fehlersuche zielten auf Feststellungen ab, ob die zum ordentlichen Arbeiten eines Empfängers erforderlichen Voraussetzungen gegeben seien. Gänzlich andere Methoden arbeiten mit Stichproben am laufenden, fehlerhaften Gerät. Sie stellen fest, von welcher Stelle ab das untersuchte Gerät noch arbeitet oder bis zu welcher Stelle vom Eingang her gesehen es funktioniert. Die erstere Feststellung wird durch Zuführung eines hoch- oder niederfrequenten Signals an bestimmte vom Ausgang in Richtung auf den Eingang fortschreitende Punkte getroffen, die letztere durch Anlegen eines Signals an den Eingang und seine fortlaufende Untersuchung in Richtung auf den Ausgang. Diese Methoden werden als Signalzuführung und Signalverfolgung bezeichnet. Mit ihrer Hilfe gelingt verhältnismäßig einfach die Ermittlung derjenigen Stufe eines Empfängers, in der das bis dahin ordnungsgemäß verarbeitete Signal verschwindet, Verzerrungen oder unerwünschte Zusätze erhält. Durch Signalzuführung vom Ausgang her und Signalverfolgung vom Eingang aus ist das Ideal der Fehlersuche zu verwirklichen, die klare *Einkreisung eines Fehlers.*

Den eigentlichen Fehler selbst zu finden, gestatten diese Methoden meist nicht. Hier muß vielmehr eine Methode der Spannungs-, Strom- oder Widerstandsanalyse Platz greifen, um festzustellen, welcher Art der den Ausfall des Signals verursachende Fehler ist. Ebenso muß aller Signalzuführung und Signalverfolgung eine Spannungsmessung vorausgehen, um festzustellen, ob das Gerät Anodenspannung hat und dadurch überhaupt arbeiten kann.

Andererseits gestatten es die Signalzuführung und die Signalverfolgung nicht allein festzustellen, daß ein Empfänger arbeitet, sondern auch wie er arbeitet, ob die von Stufe zu Stufe erzielte Verstärkung den gegebenen technischen Voraussetzungen entspricht und ob die Verstärkung verzerrungsfrei erfolgt. Mit diesen Methoden ist also eine Untersuchung der Qualität möglich, wie sie bei Strom-, Spannungs- oder Widerstandsmessungen nur nach dem Endergebnis, der Wiedergabe durch den Lautsprecher, beurteilt werden kann. Infolgedessen sind Signalzuführung und Signalverfolgung mehr zum Abgleich eines Empfängers geeignet als zur exakten Fehlersuche, wenn auch nicht bestritten werden soll, daß die schnelle Auffindung einer fehlerhaft oder gar nicht arbeitenden Stufe im Gange einer Fehlersuche eine wesentliche Erleichterung darstellt. Für ihre Zuzählung zu den Methoden des Abgleichs spricht auch die Tatsache, daß sie Leistungsmessungen nach Instrumenten und- damit Vergleiche gestatten.

1. Die Fingerprobe

Als einfachste Art von Signalzuführung ist die Fingerprobe zu nennen. Vom Steuergitter der Endröhre an werden nacheinander die Gitter der voraufgehenden Röhren mit dem Finger berührt. Dadurch gelangt über den Körper eine größere oder kleinere Störspannung in den Empfänger, so daß im Lautsprecher ein Singen oder Brummen zu hören ist, dessen Stärke wächst, je näher die berührte Röhre dem Eingang liegt. Vor dem Demodulator ist oft nur ein Knacken

beim Berühren eines Gitters bemerkbar oder auch der Ausfall eines bis dahin vorhandenen Rauschens.

Auf diese Art läßt sich eine exakte Fehlerbestimmung nicht durchführen, doch ist es die einfachste und an keinerlei Instrument oder Werkzeug gebundene Methode, sich einen ersten, orientierenden Überblick über den Zustand eines Empfängers zu schaffen und Anhaltspunkte dafür, in welcher Stufe ein Fehler vermutlich zu suchen ist, zu gewinnen. Eine Vereinfachung stellt der Versuch dar, die empfindliche Tonabnehmerbuchse zu berühren und dadurch zu untersuchen, ob wenigsents der Niederfrequenzteil des fehlerhaften Empfängers arbeitet. Auch dieser Hinweis ist für die Ermittlung des Fehlers wertvoll, da er die notwendige eingehende Untersuchung etwa auf eine Hälfte des Gerätes beschränkt.

Es ist in den meisten Fällen zweckmäßig, die Steuergitter der Röhren nicht mit dem Finger zu berühren, sondern mit einem in der Hand gehaltenen Metallgegenstand. Dadurch wird der von einer Reihe von Umständen abhängige Widerstand zwischen Körper und Steuergitter herabgesetzt. Gelegentlich läßt sich dadurch noch ein Knacken oder Brummen feststellen, wo dies beim Berühren mit dem Finger nicht mehr der Fall ist.

Die Fingerprobe ist zu Beginn des Rundfunks in Gebrauch gekommen, und sie ließ sich in der Zeit besonders gut anwenden, als die meisten Geräte mit Röhren der A-Serie bestückt waren. Die Steuergitter dieser Röhren liegen fast alle an Kappen oben auf dem Glaskolben und sind infolgedessen besonders gut zugänglich. Das ist bei modernen Röhren nur noch bei der roten E-Serie der Fall. Bei Allstromgeräten und solchen, bei denen die Anodenspannung direkt dem Netz entnommen wird, ist die Fingerprobe nur dann durchzuführen, wenn der Empfänger über einen besonderen Netztransformator am Wechselstromnetz betrieben wird. Anderenfalls besteht Lebensgefahr sowohl für den Reparierenden als auch für den untersuchten Empfänger.

2. Fehlersuche durch Signalzuführung

In Erweiterung der Fingerprobe kann dem zu untersuchenden Gerät wahlweise ein niederfrequentes, ein hochfrequentes oder ein niederfrequent moduliertes Hochfrequenzsignal bestimmter Stärke an ganz bestimmten Punkten zugeführt werden. Vom Empfängerausgang, d. h. in der Regel vom Lautsprecher an, wird in Richtung auf den Eingang fortschreitend bis zum Demodulator ein niederfrequentes Signal zugeführt, dem Demodulator nacheinander ein niederfrequentes und ein niederfrequent moduliertes hochfrequentes und allen Stufen davor ein moduliertes Hochfrequenzsignal. Zur Anzeige, ob ein in den Empfänger hineingegebenes Signal noch verarbeitet wird, dient der Lautsprecher, besser aber daneben noch ein Outputmeter. Durch Verwendung des letzteren ist nämlich nicht nur die Feststellung möglich, ob das Signal unverzerrt durchkommt, sondern es ist auch ein Mali dafür gegeben, ob die Verstärkung dem Ort der Signalzuführung entsprechend zunimmt. Durch das Outputmeter werden die Untersuchungen qualitativer Art durch solche quantitativer Art ergänzt.

Als Gerät für die Signalzuführung dient der ohnehin in jeder Werkstatt unumgänglich notwendige Prüfgenerator, der allerdings Buchsen für die Abnahme der Modulationsfrequenz besitzen muß, damit neben einem modulierten und einem unmodulierten Hochfrequenzsignal auch Niederfrequenz zur Verfügung steht. Dabei ist es angenehm, wenn die Stärke der vom Prüfgenerator abgegebenen Signale reguliert werden kann, damit während der Arbeit keine Belästigung durch allzu laute Wiedergabe im Lautsprecher entsteht. Schließlich ist es nur auf diesem Wege möglich, mit dem Fortschreiten der Signalzuführung nahe dem Eingang eine Übersteuerung der Endstufe zu vermeiden.

Soll ein Allstromempfänger untersucht werden, so ist es unbedingt notwendig, beide Zuführungen vom Prüfgenerator zum untersuchten Gerät durch Blockkondensatoren gleich-und wechselspannungsmäßig zu trennen. Bei der Untersuchung von Wechselstromempfängern kann der geerdete

Pol des Prüfgenerators direkt mit dem Chassis des Untersuchungsobjektes verbunden werden, doch muß in der Hochfrequenz führenden Verbindung, mit der die verschiedenen Punkte im Empfänger abgetastet werden, ein Block liegen, damit kein Schluß eintritt, wenn dieser Punkt Anodenspannung führt. Ferner ist zu bedenken, daß durch das Berühren heißer Enden von abgestimmten Schwingungskreisen mit der vom Prüfgenerator kommenden Leitung nicht unbeträchtliche Kapazität zugeschaltet wird, die die Kreise verstimmt. Dadurch würde fast regelmäßig diejenige Feststellung unterbunden oder zumindest in ihrem Ergebnis ungenau werden, die der Zweck der Signalzuführung ist. Ganz läßt sich eine solche Verstimmung nie vermeiden, doch kann sie durch Verwendung eines möglichst kleinen Kondensators am Ende der Tastleitung in tragbaren Grenzen gehalten werden. Ein solcher Kondensator von etwa 50 pF liegt zweckmäßig zugleich als Trennkondensator für Gleichspannung am äußersten Ende der vom Prüfgenerator kommenden Hf-Leitung, so daß einer der Anschlußdrähte des Kondensators als Tastspitze dient. Da es zudem vorteilhaft ist, diese Leitung samt dem Kondensator abzuschirmen, damit durch Anfassen nicht Störspannungen eingestreut werden, ist die Verwendung einer eigens für die Fehlersuche angefertigten „Strippe" vorteilhaft. Der Trennkondensator wird ebenfalls abgeschirmt und kann zu diesem Zweck in einem kleinen Tastkopf untergebracht werden.

Die Anordnung geht aus **Bild 8** hervor, das zugleich den Gang der Untersuchung zeigt. Bemerkenswert sind zwei Möglichkeiten der Signalzuführung. Durch Beschickung der Katode der Endröhre mit Niederfrequenz läßt sich feststellen, ob der parallel zum Katodenwiderstand liegende Überbrückungsblock hinreichend groß ist. Er muß nämlich Niederfrequenz kurzschließen. Ist er in Ordnung, so darf im Lautsprecher von der zugeführten Niederfrequenz nichts zu hören sein.

Sehr wertvoll ist ferner die *Verwendung des Prüfgenerators als Hilfsoszillator* bei der Untersuchung eines Supers. Dabei wird das Steuergitter der Oszillatorröhre von dem Konden-

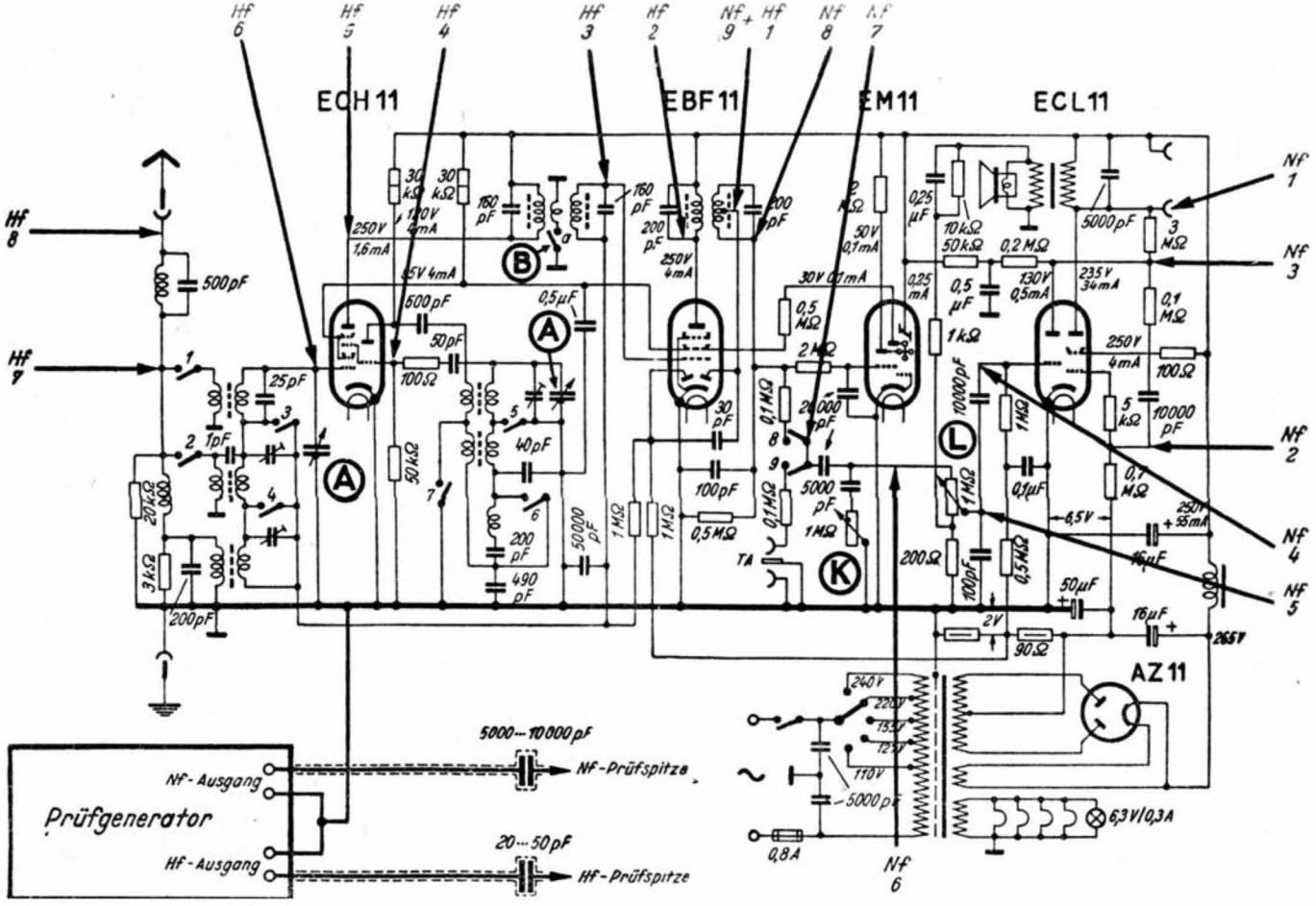


Bild 8. Schema der Prüfung eines Superhets nach dem Verfahren der Signalzuführung

sator getrennt, der es mit dem Spulensatz verbindet. Der Ableitwiderstand zur Katode bleibt aber an seinem Platz. Nun wird aus dem Prüfgenerator eine Frequenz an das OszillatorSteuergitter gegeben, die derjenigen des Ortssenders, vermehrt um die Zwischenfrequenz, entspricht. Der Prüfgenerator übernimmt also die Funktion des außer Betrieb gesetzten Oszillators. Wird nun die Abstimmung des Empfängers durchgedreht, so muß der Ortssender hörbar werden, wenn der Vorkreis auf die Frequenz des Ortssenders abgestimmt ist. Schwerlich wird sich auf diesem Wege guter Empfang erzielen lassen, doch kann die Feststellung, ob ein völliges Versagen des Empfängers allein auf den Oszillator zurückzuführen ist, gelegentlich von erheblichem Wert sein

3. **Signalzuführung mit dem Multivibrator**

Vielfach wird die Fehlersuche mit dem Multivibrator als eigene Methode angeführt. Das stimmt insofern nicht, als es sich dabei um die Fehlersuche durch Zuführung eines Signals besonderer Art handelt. Durch die Zusammenschaltung von zwei Röhren, die sich gegenseitig zu Schwingungen anstoßen, werden rechteckförmige Schwingungen erzielt, deren Auflösung eine sinusförmige Grundschwingung und eine sehr große Zahl kräftiger Oberschwingungen ergibt. Liegt die Grundschwingung im Hörbereich (etwa zwischen 1000 und 2000 Hz), so reichen starke Oberschwingungen über Lang-und Mittelwellenbereich bis in das Gebiet der Kurzwellen.

Mit einem derart zusammengesetzten Signal ist die Prüfung eines Empfängers ohne Rücksicht darauf möglich, ob der jeweils beschickte Punkt Hoch- oder Niederfrequenz erfordert. Ferner braucht, wenn es sich um das heiße Ende eines abgestimmten Kreises handelt, auf dessen Resonanzfrequenz keine Rücksicht genommen zu werden, weil ja in dem Signal jede benötigte Frequenz enthalten ist. Das Arbeiten mit dem Multivibrator erleichtert also die Fehlersuche durch Signalzuführung, weil der Schwingungserzeugung keinerlei Aufmerksamkeit zu widmen ist. Andererseits ge-

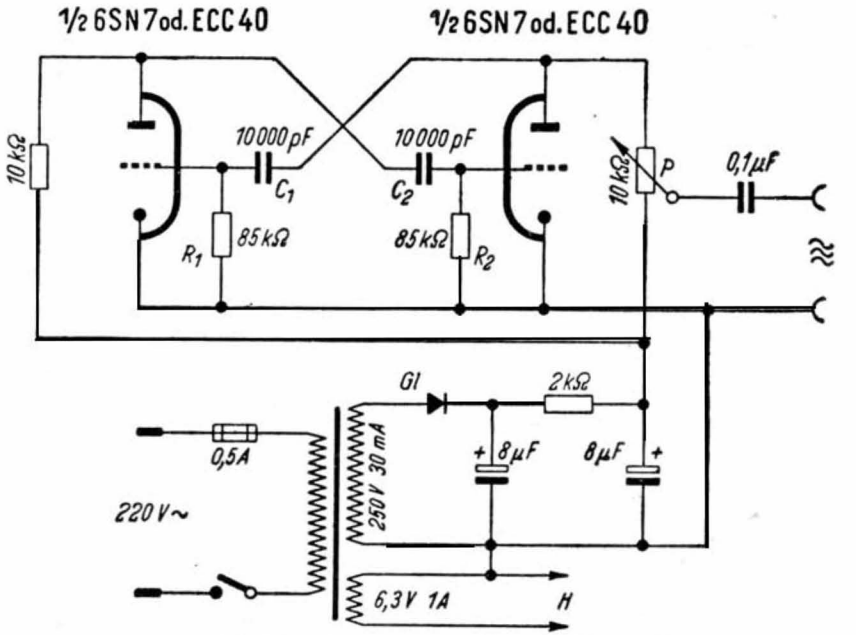


Bild 9. Multivibrator mit Netzanschlußteil

stattet ein Frequenzgemisch nicht so feine Unterscheidungen, wie das möglich ist, wenn Hochfrequenzsignale bestimmter, einstellbarer Schwingungsdauer, Niederfrequenz einstell- barer Stärke und niederfrequent modulierte Hochfrequenz zur Verfügung stehen, wie es beim Prüfgenerator der Fall ist.

Wenn auf die Möglichkeit des Ab- und Nachstimmens verzichtet wird, kann der Multivibrator den Prüfgenerator ersetzen. Er besitzt den großen Vorteil geringen Materialbedarfes, einfachen Aufbaues und großer Preiswürdigkeit. Der Multivibrator eignet sich hervorragend für den Selbst- bau und hat sich infolgedessen schnell eingeführt. Er gestattet sehr einfach auch die über die eigentliche Fehlersuche hinausgehende Feststellung der Empfindlichkeit eines Empfängers über jeden seiner Bereiche. Da im Rechtecksignal alle Frequenzen enthalten sind, darf, wenn es am Empfängereingang liegt, beim Durchdrehen des Empfängers keine Änderung der Ausgangslautstärke bemerkbar werden.

Ein in der Praxis brauchbares Gerät zur Erzeugung von Rechteckschwingungen zeigt **Bild 9** im Schaltschema. Durch ein Potentiometer P kann die Spannung des entnommenen

Signals reguliert werden. Die Höhe der Grundfrequenz hängt von der Größe der Gitterkondensatoren C_1 und C_2 sowie von der Größe der Gitterableitwiderstände R_1 und R_2 ab.

4. Der Rauschgenerator als Signalquelle

Große Schwierigkeiten bereitet die Erzeugung von Signalen ultrahoher und höherer Frequenzen zum Zwecke der Fehlersuche und der Einstellung von Kopplungen. Um auch für diese Frequenzbereiche ein Signal zur Verfügung zu haben, das Schwingungen der verschiedensten Dauer enthält, wird die Tatsache genutzt, daß aus einer Glühkatode die Elektronen mit sehr unterschiedlichen Geschwindigkeiten austreten. Da jede dieser Geschwindigkeiten einer bestimmten Frequenz zugeordnet ist, enthält in einer geeigneten Anordnung der Elektronenstrom einer Diode ein Frequenzspektrum, das vom Rauschen bis zu Höchstfrequenzen reicht und überall gleichmäßig besetzt ist. Die Schaltung eines derartigen Rauschgenerators mit der für diesen Zweck eigens konstruierten Diode 5722 zeigt **Bild 10**. Da die Heizleitung der Diode verdrosselt und verblockt ist, erzeugt der Anodenstrom einschließlich des in ihm enthaltenen Rauschanteils am Widerstand R_1 einen Spannungsabfall, so daß die das Frequenzspektrum enthaltende Rauschspannung an A und B abgenommen und dem Eingang eines Empfängers zugeführt werden kann. Zum Zwecke der Anpassung wird der Widerstand R_1 so groß gewählt wie die Eingangsimpedanz des zu untersuchenden Gerätes.

Obwohl die Diode 5722 Frequenzen bis zu 1 000 MHz abzugeben vermag, machen die Schaltkapazität und die Parallelkapazität von R_1 Schwierigkeiten. Darum wird für das Arbeiten mit Frequenzen über 100 MHz an Stelle eines Widerstandes der im Schaltschema angedeutete Schwingungskreis verwendet.

Ein solcher Rauschgenerator ist das einfachste Mittel, bei Empfängern für UKW-FM-Rundfunk die Eingangsimpedanz der Antennenimpedanz anzupassen. Soll ein Faltdipol mit 300-Ohm-Ableitung verwendet werden, so wird R_1 300 Ohm groß

gemacht, werden A und B durch möglichst kurze Leitungen mit dem Empfängereingang verbunden und wird ferner durch

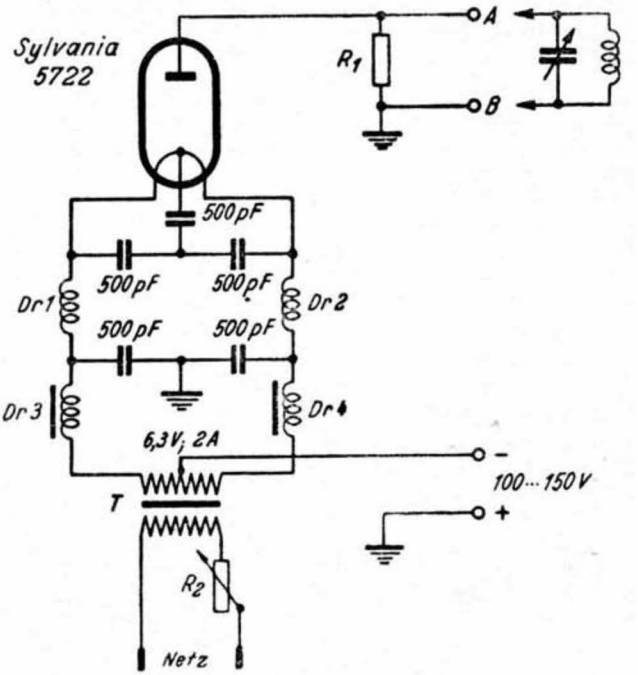


Bild 10. Schaltbild eines Rauschgenerators

Ändern des Kopplungsgrades zwischen den Spulen des Eingangskreises und der Antenne auf stärkstes Rauschen einreguliert.

5. Der Abgleich mit Generator und Outputmeter

Bisher wurde es nicht besonders betont, doch liegt die Tatsache auf der Hand, daß die am meisten geübte Methode zum Abgleich von überlagerungsempfängern nichts anderes ist als ein besonderer Fall der Signalzuführung. Die niederfrequent modulierte Zwischenfrequenz wird nacheinander den Steuergittern der Zf-Verstärkerröhre und der Mischröhre zum Zwecke der Abstimmung der Zf-Transformatoren zugeführt. Am Resonanzpunkt wird die größte Hf-Spannung weitergegeben, so daß in diesem Falle die größte Spannung der im Signal enthaltenen Niederfrequenz zum Empfänger-

ausgang gelangt und dort vom Outputmeter angezeigt wird. Es wird also eine quantitative Feststellung getroffen, während die Qualität in keiner Weise interessiert.

Unter diesem Gesichtswinkel betrachtet, gehört das Abstimmen von Empfängern und mehr noch das Nachstimmen mit den gleichen Mitteln zur Fehlerbeseitigung im Gange einer Reparatur. Wenn hier trotzdem nicht näher darauf eingegangen wird, so geschieht das nur, weil über dieses Gebiet der in jeder Rundfunkreparaturwerkstatt ausgeübten Tätigkeiten bereits eine große Zahl von Veröffentlichungen vorliegt.

6. **Fehlersuche durch Signalverfolgung**

Offensichtlich besteht kein Unterschied, ob eine fehlerhaft oder gar nicht arbeitende Stufe eines Empfängers vom Ausgang oder vom Eingang her gesucht und gefunden wird, ob die Fehlersuche durch Signalzuführung oder Signalverfolgung geschieht. Da alle Stufen in Ordnung sein müssen, wenn das ganze Gerät zufriedenstellend arbeiten soll, ist es gleichgültig, in welcher Reihenfolge sie einer besonderen Untersuchung unterzogen werden. Ein Unterschied besteht lediglich in der Art der Anzeige während der Untersuchung. Bei Signalzuführung dient der eingebaute Lautsprecher der Anzeige und nötigenfalls noch ein hinzugeschaltetes Outputmeter.

Bei der Signalverfolgung wird ein niederfrequent moduliertes Hf-Signal an den Empfängereingang gegeben und nun mit einem besonderen Such- und Anzeigegerät festgestellt, bis zu welcher Stufe der Empfänger dieses Signal ordnungsgemäß verarbeitet. Durch Stichproben wird dem Empfänger das bis zu dieser Stelle von ihm verarbeitete Signal entnommen und in einem besonderen Reparaturgerät weiter behandelt, d. h. es wird nötigenfalls hochfrequent weiter verstärkt, demoduliert, niederfrequent verstärkt und durch einen Lautsprecher wiedergegeben oder durch eine Meßanordnung sichtbar gemacht.

Es ist in diesem Zusammenhang interessant zu hören, daß bei der Einführung des Rundfunks die Fehlersuche fast ausschließlich in der gleichen Weise betrieben wurde. Damals

diente der *Kopfhörer* als Anzeigegerät, mit dem in die Schaltung hineingehört wurde. Da es sich fast ausschließlich um rückgekoppelte Audione mit Niederfrequenzverstärkern handelte, wurde von der Anode des Audions an bis zum Empfängerausgang nachgeprüft, bis zu welcher Stelle etwa der Ortssender zu hören war. Für die Fehlersuche in Niederfrequenzverstärkern kann diese Methode auch heute noch sehr empfohlen werden, weil der Kopfhörer eines der empfindlichsten Instrumente ist, das ohne grolle Kosten zur Verfügung steht. Da die Anodenspannungen mittlerweile aber sehr viel höher geworden sind, empfiehlt sich die Verwendung des Kopfhörers mit je einem Blockkondensator von etwa 0,1 µF in jeder seiner Zuführungen, damit die Spulen nicht durchbrennen können und der Reparierende bei Gehäuseschluß nicht in Lebensgefahr gerät. Die Kondensatoren können recht bequem in den Griffen untergebracht werden, die die Tastspitzen tragen. Es ist ein bedauerlicher Mangel, daß der Kopfhörer allein vor dem Demodulator versagt. Wie hier Abhilfe möglich ist, soll später gezeigt werden.

7. Der aperiodische Verstärker

Ein bequemes Mittel, das Arbeiten eines Empfängers vom Eingang her durch Stichproben zu kontrollieren, ist ein Verstärker, der auf keine bestimmte Frequenz abgestimmt ist. Er entnimmt die zu verarbeitende Frequenz dem Empfänger, richtet sie gleich, verstärkt die im Signal enthaltene Tonfrequenz und gibt sie durch einen Lautsprecher hörbar wieder. Ist das dem Empfänger entnommene Signal noch zu schwach, um nach Gleichrichtung und Verstärkung gut hörbar zu werden, so kann eine dem aperiodischen Verstärker vorgeschaltete, ebenfalls aperiodische Hochfrequenzverstärkerstufe von Nutzen sein. Durch eine einfache Umschaltung ist es möglich, mit verhältnismäßig geringem Aufwand eine ganze Reihe verschiedener Stufen zusammenzustellen, weil keine abgestimmten Kreise vorhanden sind.

Wie Bild 11 zeigt, ist ein einfacher aperiodischer Verstärker wenig kompliziert. Mit Hilfe des Schalters S kann er als De-

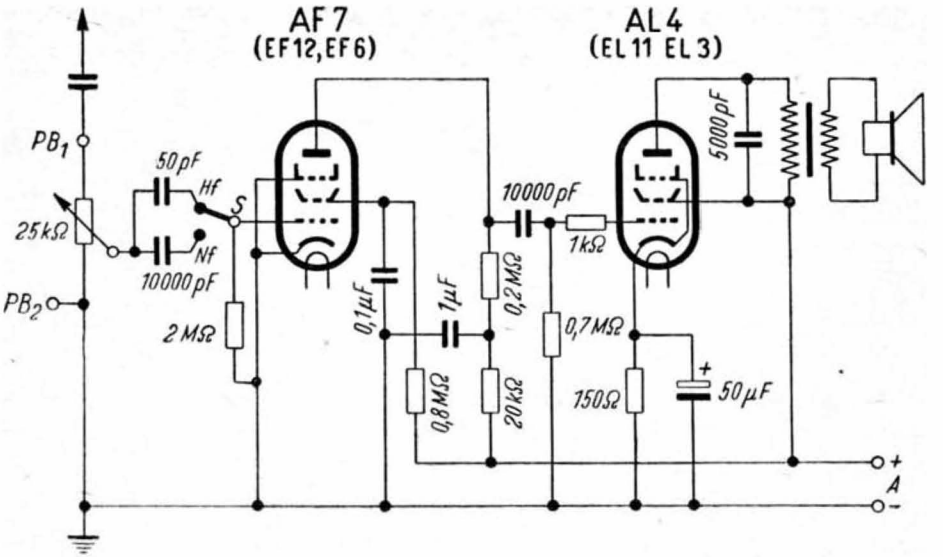


Bild 11. Aperiodischer Verstärker

modulator mit anschließender einstufiger Verstärkung und als zweistufiger Nf-Verstärker geschaltet werden. Während die Buchse PB2 mit dem Chassis des Untersuchungsobjektes verbunden wird, ist PB1 durch Schnur und Prüfspitze verlängert, mit der im Gerät die zu untersuchenden Punkte an getastet werden. An einem Potentiometer von 25 kOhm kann die Eingangsenergie des Verstärkers eingestellt werden, so daß bei der Arbeit Übersteuerung des Lautsprechers und Belästigung vermieden werden. Übrigens ist ein solcher Verstärker auch dann, wenn er nicht zur Fehlersuche benutzt wird, ein in jeder Werkstatt nützliches Gerät, zumal ein guter Lautsprecher auf alle Fälle vorhanden sein muß. Durch eine weitere Schaltstufe des Schalters S kann der Verstärker mit Hilfe eines abgestimmten Kreises sehr einfach zu einem Kontrollempfänger für den Ortssender erweitert werden.

Um Schlüsse durch Meßspitze und Potentiometer zur Erde zu vermeiden, empfiehlt sich der angedeutete Kondensator. Seine Größe kann verschieden gewählt werden, je nachdem, ob dem Empfänger Hoch- oder Niederfrequenz entnommen werden soll. Es ist unschwer zu erkennen, daß beim Antasten abgestimmter Kreise weder grobe Verstimmung durch die Kapazität der Leitung und der die Prüfspitze führenden

Hand zu vermeiden ist noch beträchtliche Dämpfung. Wenn in dem angetasteten Kreis genügend Hochfrequenzenergie zur Verfügung steht, kann ein möglichst kleiner Kondensator an der Spitze der Tastleitung diese Mängel in tragbaren Grenzen halten. Mittel und Wege, solche Verstimmungen und Dämpfungen möglichst klein zu halten oder ganz zu vermeiden, haben zu derjenigen Methode der Fehlersuche geführt, die in den USA durch *John Rider* sehr weit ausgebaut worden ist und den englischen Namen *Signal-Tracing* führt. In Deutschland hat sich dafür die Bezeichnung „Signalverfolgung" durchgesetzt.

8. Der Tastkopf

Bei fast allen bisherigen Darstellungen über die Signalzuführung und Signalverfolgung tauchte die Schwierigkeit auf, daß die Art der Zuführung oder Abnahme von Hochfrequenz bei einem Resonanzkreis zu Verstimmungen führen kann, die das gewonnene Bild fälschen und daher in seinem Wert erheblich beeinträchtigen. Um diesem Übelstand zu begegnen, sind für die Signalverfolgung Anordnungen geschaffen worden, die ein denkbar kleines Maß von Kapazität und Dämpfung in die untersuchten Schwingungskreise hineintragen. Da sie regelmäßig den Abschluß jener Verbindung bilden, mit der die verschiedenen Punkte des untersuchten Gerätes angetastet werden, tragen sie die Bezeichnung *Tastkopf.*

Es ist die Aufgabe eines solchen Tastkopfes, durch den erforderlichen Eingriff in einem Gerät möglichst wenig Veränderungen hervorzurufen. Darum dient als Eingang immer ein Kondensator **(Bild 12 A bis D)**. Hinter dem Kondensator folgt unmittelbar ein Gleichrichter für Hochfrequenz und dann ein Siebglied aus Widerstand und Kondensator ähnlich demjenigen im Netzanschlußteil. Die ganze Anordnung ist in einem geerdeten Rohr untergebracht und durch Leitungen mit einem Anzeigegerät verbunden, die ebenfalls durch eine geerdete, flexible Abschirmung führen. Die nicht geerdete Leitung führt die im demodulierten Signal enthaltene Niederfrequenz. Sie kann recht einfach mit dem Kopfhörer abge-

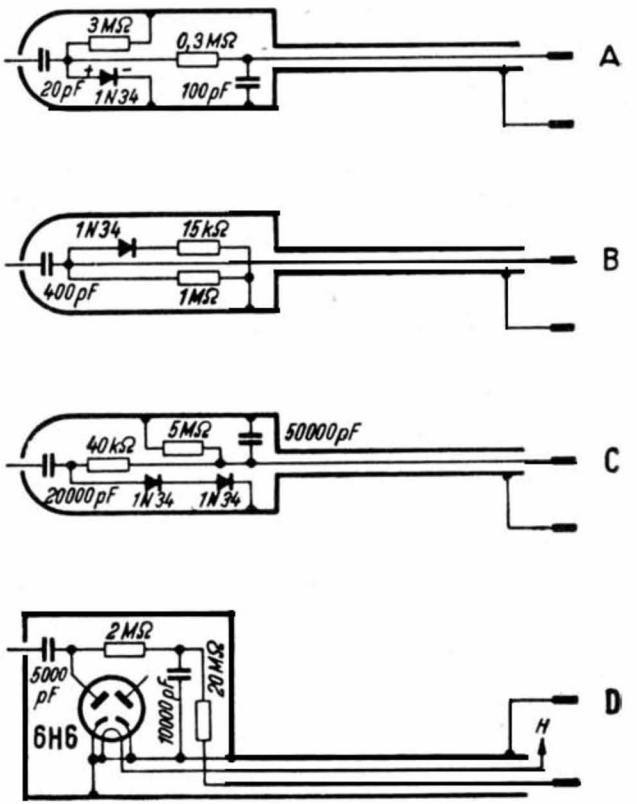


Bild 12. Tastköpfe

hört oder durch ein Mikroamperemeter gemessen werden. Sie kann aber auch einem Niederfrequenzverstärker zuge- führt, verstärkt und hörbar gemacht werden. Das schließt nicht aus, daß im Verstärker ein Teil abgezweigt, gleichgerichtet und als Regelspannung einem Magischen Auge zugeführt wird. Diese letztere Form wird vor allem von den Amerikanern als Signalverfolger bezeichnet.

Die in **Bild 12** gezeigten vier verschiedenen Tastköpfe rich- ten Hochfrequenz entweder durch Germaniumdetektoren (A bis C) oder durch eine Röhrendiode (D) gleich. Aus der Dimensionierung der Siebglieder geht hervor, daß je zwei der angeführten Schaltungen verschiedenen Zwecken dienen. Bei den Anordnungen A nach Ing. 0. *Limann* und B nach *E. Wrona* gelangt infolge geringer Siebung die Niederfrequenz als Überlagerung der negativen Amplituden zum Aus-

gang. Bei den Anordnungen C und D werden die negativen Amplituden so stark gesiebt, daß sich ein Mittelwert einstellt, der gemessen werden kann und Maßstab für die angetastete Hochfrequenzspannung ist. Daraus geht hervor, daß die Anordnungen A und B als Eingang zu einem Verstärker dienen sollen, C und D aber als Eingang für ein Röhrenvoltmeter. Selbstverständlich ist es von Wert, das Anwachsen der Hochfrequenzspannung als Folge fortschreitender Verstärkung in einem Empfänger messend verfolgen zu können. Ebenso wertvoll ist es aber auch, die Modulation ständig auf Reinheit zu prüfen. Darum fällt jeder der Anordnungen (Tastköpfe A und B mit Nf-Verstärker, C und D mit Röhenvoltmeter) eine andere Aufgabe zu. Lediglich die erste wird als Signalverfolger bezeichnet.

Ein Tastkopf soll einerseits nicht verstimmend wirken und benötigt aus diesem Grunde eine möglichst kleine Eingangskapazität; andererseits soll er aber auch die Aufnahme von Niederfrequenz gestatten, für die ein kleiner Eingangskondensator praktisch eine Unterbrechung bedeutet, damit der Tastkopf zur Arbeit vor und hinter dem Demodulator des Empfängers nicht ausgewechselt werden muß. Die Größe des Eingangskondensators stellt also zweckmäßig einen Kompromiß dar. Der Tastkopf A in **Bild 12** mit einer Eingangskapazität von 20 pF ist ausschließlich für Hochfrequenz bemessen, der Tastkopf B aber, mit einer Eingangskapazität von 400 pF, für Hoch- und Niederfrequenz.

Bevor Germaniumdetektoren zur Verfügung standen, wurden in Tastköpfen ausschließlich Röhren-Dioden verwendet, wodurch die Anordnung leicht unhandlich und die Zahl der notwendigen Verbindungen wegen der Heizleitungen groß wurde. Das ist einer der Gründe, warum sich die Signalverfolgung als Methode der Fehlersuche lange Zeit keiner besonderen Beliebtheit erfreute. Seit aber die kleinen und bequem unterbringbaren Germaniumdetektoren zur Verfügung stehen, hat auch die Signalverfolgung eine Wiederbelebung erfahren. Der lange Zeit vorher bekannte Sirutor eignete sich nicht für den gleichen Zweck, und zwar wegen seiner hohen Parallelkapazität, der einfache Kristalldetektor

nicht wegen seiner geringen Konstanz. Wo bei Messung hoher Hf-Spannungen mit einem Überschreiten der Sperrspannung eines Germaniumdetektors zu rechnen ist (60 Volt bei 1 N 34), werden zwei in Reihe geschaltet, wie im Beispiel C Bild 12.

9. Verstärker für Signalverfolger

Normalerweise wird der Tastkopf an den Eingang eines Niederfrequenzverstärkers geschaltet, die vom Tastkopf abgegebene Niederfrequenz verstärkt und hörbar gemacht. Wegen ihrer Handlichkeit und Verwendbarkeit an jedem Ort ohne besondere Spannungsquelle sei nochmals auf die Verbindung eines Tastkopfes mit Germaniumdetektor mit dem Kopfhörer hingewiesen. Ferner kann auch der in Bild 11 dargestellte aperiodische Verstärker in Verbindung mit einem Tastkopf verwendet werden. Soll daneben auch noch eine sichtbare Anzeige der niederfrequenten Spannung erfolgen, um einen Maßstab für die Verstärkung zu haben, so ist die Anzeige dieser Spannung durch ein Magisches Auge erforderlich. Gleichzeitig kann ein Lautsprecher die gleiche Niederfrequenz wiedergeben.

Eine Schaltung, die das gestattet, ist in Bild 13 gezeigt. Sie wurde von *E. Wrona* entwickelt. Das Triodensystem einer Duodiode-Triode (75, 6 Q 7, 6 SQ 7, EBC 1, EBC 11) dient als Niederfrequenz-Spannungsverstärker. Von der abgegebenen, verstärkten Spannung gelangt ein Teil an eine Diodenstrecke der gleichen Röhre und wird dort gleichgerichtet; die dadurch gewonnene negative Spannung wird gesiebt und einem Magischen Auge zugeführt. Je stärker das Eingangssignal des Verstärkers ist, um so größer ist die an das Steuergitter des Magischen Auges gelangende negative Spannung und um so breiter werden die Leuchtsektoren. Außerdem steuert die von dem Triodensystem verstärkte Niederfrequenzspannung eine Endröhre (6 V 6, EL 11, EL 3, AL 4), so daß die Niederfrequenz von einem Lautsprecher wiedergegeben wird. Es sei darauf hingewiesen, daß Duodiode und Magisches Auge in der gleichen Schaltung auch als Nullpunktindikator einer RC-Meßbrücke benutzt werden können. Durch eine solche

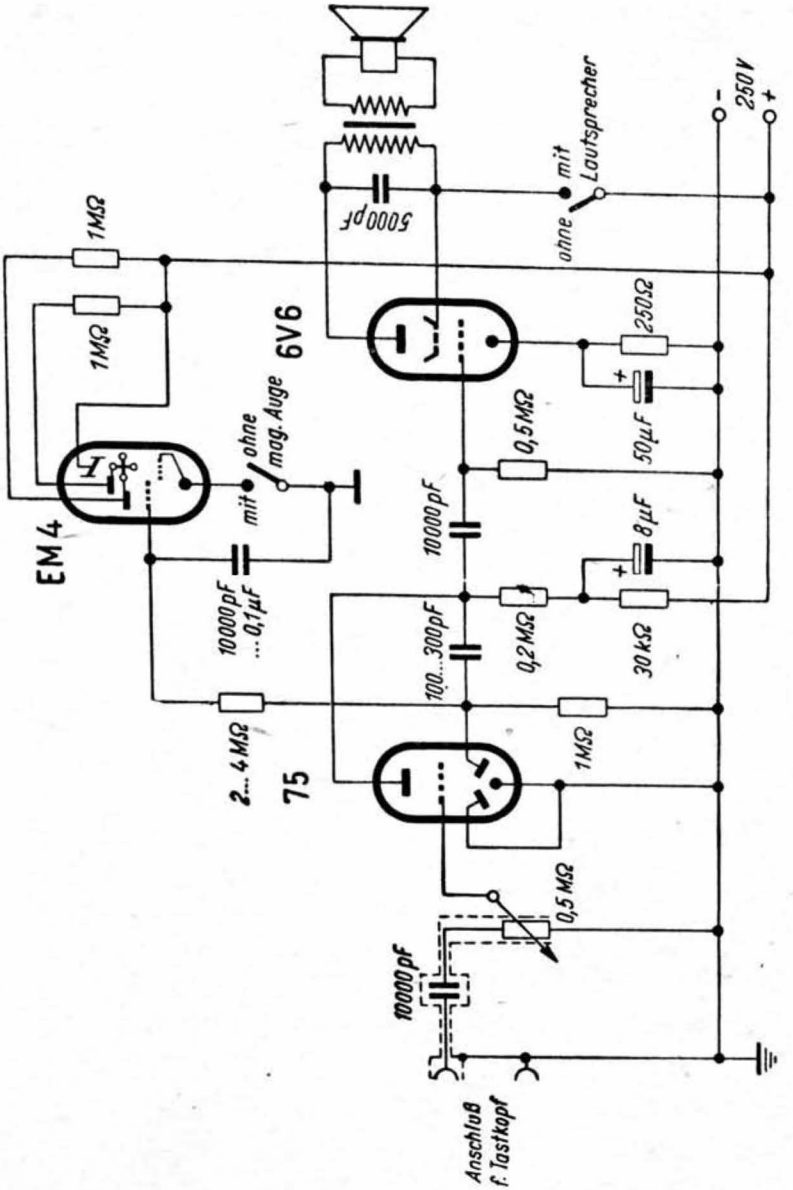


Bild 13. Verstärker für Signalverfolger mit Nf-Gleichrichtung und Magischem Auge

Kombination eines Signalverfolgers mit einer RC-Meßbrücke kann der Aufwand für beide in der Werkstatt notwendigen Geräte in mäßigen Grenzen gehalten werden.

Nachdem alle Elemente von Signalverfolgern behandelt sind, sei an Hand des Schaltbildes **Bild 14** der *Gang einer Fehlersuche*

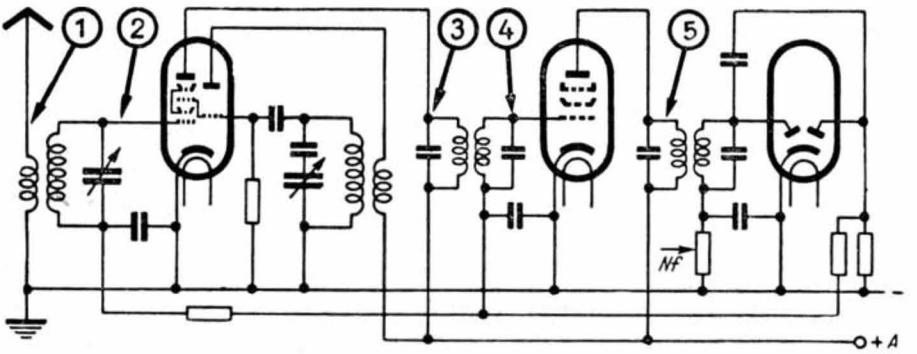


Bild 14. Vereinfachtes Schaltschema eines Supers mit Angabe der Reihenfolge von Prüfungen mit dem Signalverfolger

durch Signalverfolgung dargestellt. Er beginnt bei der Antennenbuchse, wobei es dem Geschmack oder den zur Verfügung stehenden Mitteln überlassen bleibt, ob das zu verfolgende Signal einem Prüfgenerator entstammt oder vom Ortssender herrührt. Da zugleich das Arbeiten der verschiedenen Empfangsbereiche geprüft werden soll, ist ein Prüfgenerator vorzuziehen, dessen Hochfrequenzspannung während der Untersuchung an den Vorkreisen ziemlich hoch gewählt werden soll. Für die weiteren Untersuchungen soll sie konstant gehalten werden, damit ein Urteil über die von Stufe zu Stufe erzielte Verstärkung möglich ist. Für die Feststellung des Schwingzustandes des Oszillators weist der Signalverfolger keine Möglichkeit auf (im Gegensatz zur Signalzuführung), so daß eine Spannungsmessung am Oszillatorgitter oder eine Strommessung zwischen Gitterableitwiderstand und Oszillatorkatode nötig ist.

Als Besonderheit sei auf die Möglichkeit hingewiesen, bei der Untersuchung des Hochfrequenzteils eines Empfängers, dessen Niederfrequenzteil arbeitet, einen Tastkopf nach **Bild 12 A** an die Tonabnehmerbuchsen des zu untersuchenden Gerätes anzuschließen. Diese Kombination gestattet gelegentlich bequeme Fehlersuche außerhalb der Werkstatt ohne die Notwendigkeit, ein unhandliches Gerät schleppen zu müssen.

10. Industriell erzeugte Signalverfolger

Obwohl sich Signalverfolger wie kaum ein anderes Reparaturgerät zum Selbstbau eignen, werden sie, vor allem in den USA, von der Geräte erzeugenden Industrie gebaut und auf dem Markt angeboten. Dabei handelt es sich dann um die Kombination einer Reihe verschiedener Geräte in einem Gehäuse, das dann einen vollständig ausgerüsteten Reparaturplatz darstellt. Am bekanntesten und am weitesten verbreitet ist der von der RCA hergestellte „Rider Chanalyst", dessen Modell 162 folgende Einzelgeräte umfaßt: 1. HfZf-Verstärker für 96 bis 1700 kHz mit einer maximalen Empfindlichkeit von 80 µV; 2. Prüfgenerator 600 bis 15 000 kHz; 3. Nf-Generator 150 bis 50 000 Hz; 4. Röhrenvoltmeter mit den Gleichspannungsbereichen 0...5...25...125...500 Volt und den Wechselspannungsbereichen 0...5 und 0...20 Volt (die beiden letzteren mit Tastkörper abgreifbar); 5. Wattmeter 0...30... 250 Watt. Ein Spezialtastkopf gestattet Spannungsmessungen bei Frequenzen bis zu 100 MHz.

In dem Maße, in dem sich die Signalverfolgung in Deutschland als Methode der Fehlersuche durchsetzt, steigt auch das Angebot industriell erzeugter Geräte. Als Beispiel für einen solchen Signalverfolger zeigt Bild 15 das Schaltbild des „Elotast Detektiv II" der FEAG Glücksburg. Für ihn werden vom Hersteller folgende Verwendungsmöglichkeiten angegeben:

1. Fehlerortbestimmung und Feststellung von defekten Einzelteilen;
2. Feststellung von elektrischen Störquellen und Rundfunkstörungen;
3. Festlegung von Brumm-, Schwingungs- und Kopplungsräumen und deren Quellen;
4. Messung von Regel- und Vorspannungen;
5. Bestimmung von Verstärkungs- und Dämpfungsgraden;
6. Feststellung von Undichtigkeiten bei Abschirmungen und Käfigen;
7. Einzelteilprüfung;
8. Hoch- und niederohmige Lautsprecherprüfung;

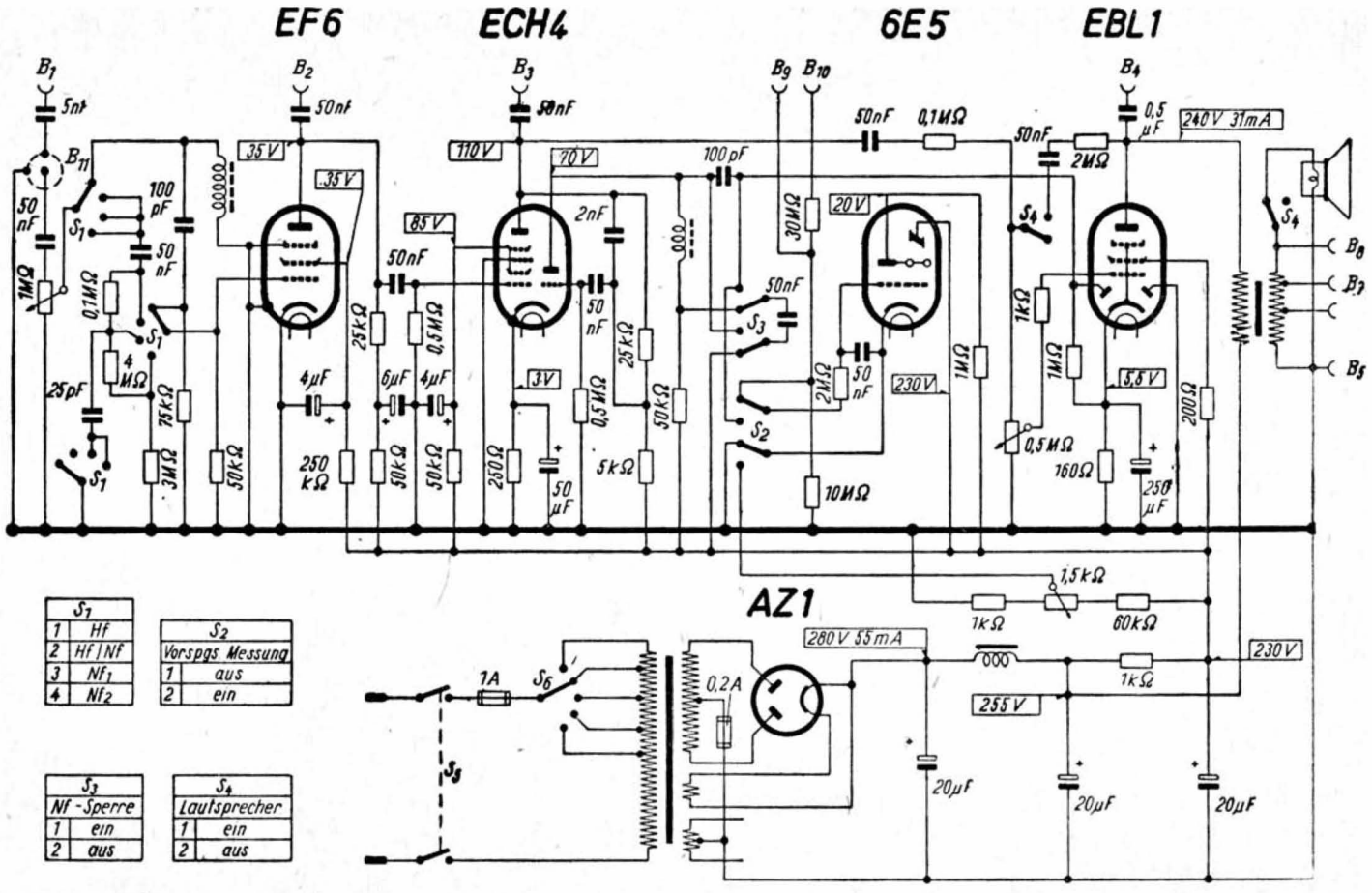


Bild 15. Schaltbild des Signalverfolgers „Elotast Detektiv II"

9. Vergleich und Messung von Nf-Generatoren, Tonabnehmern und dergleichen;
10. Prüfung von Antennen, Vergleich von Feldstärken.

Die Empfindlichkeit des der Anzeige dienenden Magischen Auges ist derart, daß sich die Leuchtsektoren bei einer Eingangsspannung von 1 mV bei 800 Hz vollständig schließen; auf der anderen Seite werden bei 50 Hz noch 50 µV sicher angezeigt.

Die *Verwendung eines Magischen Auges zur Anzeige des Verlaufes von Regelspannungen,* insbesondere der Schwundregelspannung, macht den Aufbau eines kleinen Gerätes aus einer entsprechenden Röhre und einem kleinen Stromversorgungsgerät für solche Geräte lohnend, die nicht über eine Anzeige für Regelspannung verfügen. Wenn damit auch nicht ohne weiteres die Größe der Regelspannung gemessen werden kann, so hilft die Kenntnis ihres Verlaufs mit der Abstimmung doch wesentlich bei der Reparatur und vor allem auch beim Abgleich von Empfängern.

C. Fehlersuche mit dem Katodenstrahl-Oszillograf

Alle bisher besprochenen Methoden der Fehlersuche gestatten nur die Feststellung bestimmter Zustände nach dem Gehör oder mit Meßinstrumenten. Soll der zeitliche Ablauf, das Nebeneinander, solcher Vorgänge verfolgt werden, so ist eine mühselig große Zahl von Einzelfeststellungen zu treffen, die erst durch ihre Zusammenstellung zu einer Tabelle oder auf Millimeterpapier den Verlauf eines Vorganges erkennen lassen. Solche Messreihen, wie sie etwa zur Feststellung der Durchlasskurve eines Zf-Verstärkers mit Prüfgenerator und Outputmeter durchgeführt werden können, sind so zeitraubend und im Hinblick auf Gleichmäßigkeit der Ergebnisse so mühselig, daß der Praktiker sich nur schwer dazu entschließen kann.

Hier beginnt das Feld für den Katodenstrahl-Oszillografen. Er zeigt den Ablauf von hoch- oder niederfrequenten Vorgängen entweder in der Form von Kurven an, wie sie jedem

aus der Literatur geläufig sind, oder als weniger gebräuchliche Lissajoussche Figuren, je nachdem ob an ein Plattenpaar eine sich periodisch ändernde Spannung gelegt wird oder die Meßspannung.

Der wesentliche Vorteil des Katodenstrahl-Oszillografen ist die Tatsache, daß er nicht das menschliche Gehör, sondern den Gesichtssinn anspricht, d. h. den objektivsten der Sinne. Feinheiten, die weit unter der Wahrnehmbarkeit für das Ohr liegen, läßt er mühelos erkennen. Dafür erfordert er aber auch eine gute Portion Übung zu seiner Bedienung und zur Ausschöpfung der gezeigten Oszillogramme. Wer die erforderliche Erfahrung erworben hat, beherrscht dann mit dem Oszillografen einen Rundfunkempfänger mit allen seinen Fehlern und Schwächen, wie das mit keinem anderen Mittel möglich ist.

Es wäre unnützer Aufwand, wollte man mit einem Katodenstrahl-Oszillografen jeden Fehler eines Rundfunkempfängers entdecken wollen. Bei einem durchgebrannten Widerstand führt das Voltmeter viel schneller und besser zum Ziel. Überhaupt bleiben dem Katodenstrahl-Oszillografen die feinsten und schwierigsten Feststellungen vorbehalten, Feststellungen, die zu treffen bei den allermeisten der vorkommenden Reparaturen überflüssig ist. Zudem hat die Reparatur ganz allgemein noch nicht einen so hohen Stand erreicht, daß der Einsatz so kostspieligen und schwer bedienbaren Gerätes als unbedingt notwendig angesehen wird. Dagegen hat sich der Katodenstrahl-Oszillograf für den ersten Abgleich von Empfängern durch den Erzeuger ganz allgemein durchgesetzt.

1. Anwendungsmöglichkeiten des Katodenstrahl-Oszillografen

a) Betrieb ohne Ablenkspannung

1. Gleichspannungsmessungen,
2. Wechselspannungsmessungen,
3. Messung und Vergleich von Frequenzen,
4. Untersuchung von Transformatorenblechen,
5. Verlustprüfung von Kondensatoren,

6. Feststellung von Blindkomponenten bei ohmschen Widerständen,
8. Darstellung von Röhrenkennlinien, . 9. Darstellung niederfrequenter Frequenzkurven,
10. Leistungsmessungen.

b) Betrieb mit Ablenkspannung

1. Prüfung von Amplitudenverzerrungen von Verstärkern,
2. Prüfung von empfangstechnischen Zusatzeinrichtungen,
4. Prüfung von Netzteilen,
5. Prüfung von Oszillatoren in Superhets,
6. Prüfung von Wechselrichtern,
7. Darstellung von Resonanzkurven.

Es bieten sich also Prüf-, Meß- und Kontrollmöglichkeiten, die weit über die Notwendigkeiten der Reparatur hinausgehen und eher für das Entwicklungslabor wichtig sind. Trotzdem ließe sich auch für die Reparatur aus dem Katodenstrahl-Oszillografen bedeutender Gewinn ziehen, wenn eine gewisse Normung und Schematisierung Platz greifen würde. Sobald nämlich Einigkeit über Signale herrschen würde, die einem zu untersuchenden Empfänger zuzuführen sind, ließe sich ein *Katalog typischer Schirmbilder*[1]) zusammenstellen, der neben dem Normalbild eine Reihe von Abweichungen wiedergeben müßte mit den Ursachen, die diese Abweichungen herbeiführen. Eine solche Methode würde vor allen Dingen die Qualität der Arbeit von Niederfrequenzverstärkern bedeutend verbessern, weil zu ihrer Kontrolle kaum ein anderes Mittel zur Verfügung steht.

[1]) Das große, in seiner Bedeutung ständig wachsende Gebiet der Anwendung des Katodenstrahl-Oszillografen behandelt auf 200 Seiten das Hilf s-buch für Katodenstrahl-Oszillografie von Ing. H.Riditer (Franzis-Verlag München; 1. Auflage 1950). Wer Einzelheiten und Unterlagen für das Arbeiten mit dem Katodenstrahl-Oszillografen benötigt, dem bietet sich hier eine umfassende Darstellung des Gerätes und seiner Anwendung. Von besonderem Wert ist der beigegebene Atlas der Oszillogramme, der 79 typische Schirmbilder für die verschiedenen Anwendungen des Oszillografen bringt und eingehend kommentiert. Da das vorliegende Bändchen die Verwendung des Katodenstrahl-Oszillografen zur Fehlersuche nur als eine unter zahlreichen Möglichkeiten behandeln kann, sei das Buch von Richter besonders empfohlen.

2. Darstellung der Durchlaßkurve von Zf-Verstärkern

Von den zahlreichen Kontrollmöglichkeiten, die der Katodenstrahl-Oszillograf bietet, soll hier nur auf die Darstellung der Durchlaßkurve von Zwischenfrequenz-Verstärkern eingegangen werden, weil das eine Methode ist, die der Reparaturwerkstatt am meisten liegt. Der Gang der Handlung ist der, daß auf den Verstärkereingang eine periodisch um die Zwischenfrequenz pendelnde Frequenz gegeben und der Spannungsverlauf der Ausgangsspannung auf dem Schirm sichtbar gemacht wird. Am Eingang ist also ein Hf-Generator mit einem sogenannten Frequenzwobbler nötig oder, mit anderen Worten, ein frequenzmodulierter Hf-Generator mit einem Frequenzhub, der größer ist als die größte erforderliche Durchlaßbreite. Wird nun die Modulationsfrequenz nach entsprechender Verstärkung als Zeitbasis an eines der zwei Plattenpaare der Katodenstrahlröhre und die Ausgangsspannung an die beiden anderen Platten gelegt, so erscheint auf dem Schirm die Durchlaßkurve des Verstärkers. Dadurch läßt sich nicht nur das Maß der Verstärkung durch die Höhe der Kurve erkennen, sondern auch das Arbeiten der verschiedenen Zf-Transformatoren des Verstärkers gegebenenfalls bei verschiedener Bandbreite. So gelingt vor allen Dingen die Symmetrierung der Bandfilterkurven, wie sie mit anderen Mitteln nur sehr schwierig zu erreichen und festzustellen ist.

Selbstverständlich läßt sich auf dem gleichen Wege auch die Durchlaßkurve eines einzigen Bandfilters feststellen. Dafür sollen die Schirmbilder in **Bild 16** einige Beispiele geben. Die **Kurve 1** zeigt an, daß die Resonanzkreise des Filters zu stark gedämpft sind; der Verlauf der Kurve ist zu flach. **Kurve 2** deutet auf gute Spulen (hohe Resonanzspannung) aber zu geringe Kopplung zwischen den Kreisen (Resonanzkurve zu schmal). **Kurve 3** läßt zu große Dämpfung beider Spulen erkennen; die Kopplung zwischen den Spulen stimmt zwar, doch sind die Höcker infolge Dämpfung nicht ausgeprägt. **Kurve 4** zeigt gute Spulen aber zu enge Kopplung zwischen beiden; es treten Mitnahmeerscheinungen auf. Schließlich ist in **5** die Resonanzkurve eines Bandfilters dar-

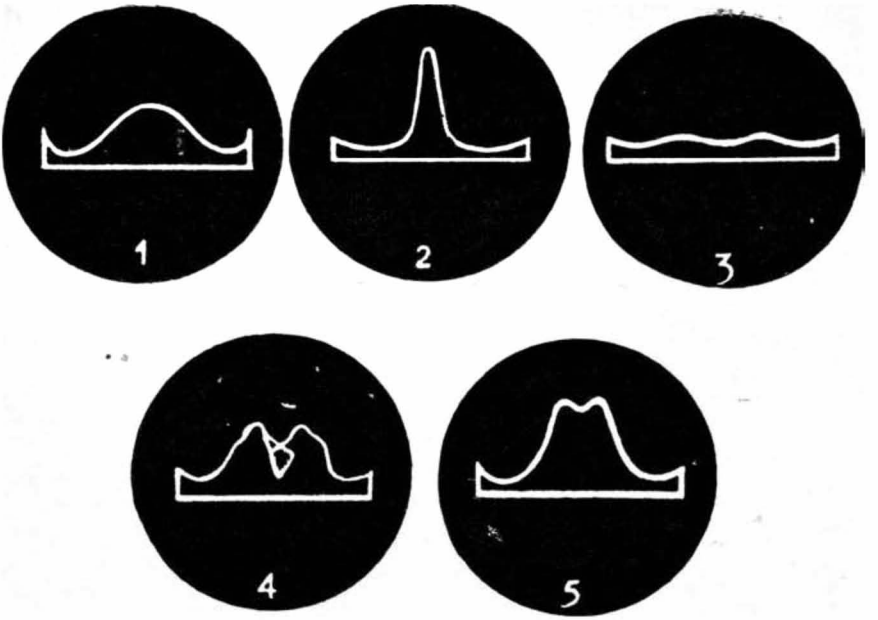


Bild 16. Schirmbilder der Durchlaßkurven von Bandfiltern

gestellt, wie sie sein soll. Die Beispiele mögen u. a. auch den Wert eines Kataloges typischer Schirmbilder zeigen, denn ebenso ließen sich die verschiedensten Möglichkeiten für den Verlauf von Oszillatorspannungen, Regelspannungen, der Spannungen am Demodulator usw. zeigen. Für ein genormtes Nf-Signal ließen sich ähnliche Feststellungen an Niederfrequenzverstärkern und ihren Gliedern treffen; das gilt vor allem für Verzerrungen nichtlinearer Art.

Leider kann im Rahmen dieser Ausführungen auf die Verwendung des Katodenstrahl-Oszillografen in der Reparaturtechnik nicht näher eingegangen werden, weil das Thema zu umfassend ist. Darum muß hier auf die entsprechende Literatur verwiesen werden, die sich in den letzten Jahren erfreulich vermehrt hat.

D. Hilfsmethoden der Fehlersuche

Bisher war immer die Rede von bestimmten Untersuchungsreihen, die durch ihr wohlüberlegtes Vorgehen zu jedem möglichen Fehler führen müssen, der sich als Abweichung des Ergebnisses einer bestimmten Messung oder Feststellung oder in der Form mehrerer solcher Abweichungen bemerkbar macht. Der Praktiker aber kennt daneben einfachere und bequemere Wege, auf einen Fehler in einem Rundfunkempfänger zu stoßen, wenn er sich auch jederzeit bewußt ist, daß diese Wege nicht unbedingt zu dem gewünschten Ziel führen und daß als letztes Mittel noch immer Methoden systematischer Suche übrigbleiben. Es wurde bereits eingangs gesagt, daß die Fehlersuche der wesentliche Faktor für die zu einer bestimmten Reparatur aufzuwendende Zeit ist. Der Praktiker benutzt infolgedessen jedes Mittel, diese Zeit so kurz wie möglich zu machen, selbst wenn er dazu den von der Logik vorgeschriebenen Weg verlassen muß. Und da der Erfolg ihm Recht gibt, haben solche Hilfsmittel ihre Daseinsberechtigung.

1. Beobachtungen des Gerätebenutzers

Längst nicht alle Fehler treten während des Betriebs eines Empfängers ein oder lassen ihn zwischen Abstellen und Wiederanstellen stumm werden. Ferner gibt es zwischen ordnungsmäßigem Arbeiten und völligem Versagen unendlich viele Abstufungen von Mängeln, über die der Benutzer Auskunft zu geben vermag. Wenn er geschickt gefragt wird, lassen sich oft schon weitgehende Schlüsse auf die zu vermutende Fehlerstelle ziehen, die später die Fehlersuche sehr vereinfachen. Es ist Sache eines richtig geführten Kundengespräches, den Tatsachen so nahe zu kommen, wie irgend möglich. Dabei muß in der Regel bedacht werden, daß der Benutzer Laie ist und daß dessen Vermutungen über einen Fehler fast nie zutreffen. Seine Sorge, die Reparaturrechnung könnte hoch werden, diktiert ihm oft unbewußt Unsinn.

Ferner ist zu bedenken, daß viele Kunden — bewußt oder unbewußt — nicht die Wahrheit sagen. Sie behaupten beispielsweise, lediglich die Skalenbeleuchtung brenne nicht oder der Seilzug sei gerissen, während es sich in Wirklichkeit um einen ganz anders gearteten Fehler handelt, der jegliches Arbeiten des Gerätes mit Sicherheit ausschließt. Oft wird ein längst vorhandener Schönheitsfehler in den Vordergrund geschoben und der wahre Fehler verschwiegen. Es liegt am Geschick desjenigen, der ein Gerät zur Reparatur annimmt, der Wahrheit möglichst nahe zu kommen und den von Sachkenntnis freien Ausführungen des Kunden den Kern der Wahrheit zu entnehmen. Dazu bietet die sofortige Röhrenprüfung im Beisein des Kunden die allerbeste Gelegenheit.

Die Handgriffe am Röhrenprüfgerät und die davon in Anspruch genommene Aufmerksamkeit des Kunden lenken vom eigentlichen Thema ab und gestatten die Erforschung der Wahrheit. Auf diese Weise erfährt man, ob ein Fehler plötzlich oder allmählich eingetreten ist, ob dem Versager fehlerhafte Erscheinungen vorausgegangen sind wie etwa sprunghafte Verschiebungen eines Senders auf der Skala, ob der Tonabnehmer noch arbeitet oder ob die Leistung im Laufe von Monaten oder Jahren nachgelassen hat. Man wird auch gewahr, ob etwas im Gerät geschmort hat, bevor es den Dienst einstellte, oder ob jemand bei Allstromgeräten mit dem Erdstecker das Chassis berührt hat.

Auf dieses einfache Mittel der Kundenbefragung sollte man auf keinen Fall verzichten. Selbst dann, wenn dadurch nur ein paar vorbereitende Proben erspart werden wie beispielsweise die Feststellung, daß der Empfänger vom Tonabnehmer an noch funktioniert, lohnt sich die kurze Unterhaltung, die zudem noch den Vorteil bat, einem bisher unbekannten Kunden das auf jeden Fall notwendige Vertrauen zum Reparierenden zu geben. Jeder Rundfunkmechaniker sollte gut aufpassen, wie ein tüchtiger Arzt sich zuerst einmal an die Beschwerden seines Patienten heranfragt. Und wie jeder Arzt kennt auch der Praktiker der Rundfunkreparatur eingebildete Kranke, die aus Unkenntnis äußere Störungen dem

Empfänger zuschreiben oder Mängel zu hören vermeinen, wo in Wirklichkeit eine normale Durchschnittsleistung vorliegt. Wie der Arzt in solchen Fällen oft ein völlig harmloses Mittel verschreibt, sollte der Rundfunkmechaniker, der zugleich Menschenkenner ist, nicht mit einem Kondensator im Ausgang sparen, um das Klangbild des beanstandeten Gerätes zu beeinflussen.

2. Fehlersuche nach der Fehlerstatistik

Je mehr Erfahrung ein Reparateur hat, um so mehr neigt er dazu, vor Beginn einer systematischen Fehlersuche ein paar Proben zu machen, um dadurch schnell und einfach einen Mangel zu entdecken. Die Erfahrung lehrt ihn nämlich, daß es eine ganze Reihe von Fehlern in Rundfunkempfängern gibt, die an Häufigkeit alle anderen überragen. Wird zum Beispiel im Verlaufe von Jahren festgestellt, daß die Hälfte aller Fehler durch Kondensatoren verursacht wird, so besteht die allergrößte Aussicht, daß jedes zweite auf den Werktisch kommende Gerät an einem Kondensatorenfehler leidet und daß die Hälfte aller Reparaturen am schnellsten durch die sofortige Untersuchung der Kondensatoren aus dem Stadium der Fehlersuche in das der Ausbesserung gebracht werden kann. Was für Kondensatoren gilt, hat auch für andere häufige Fehler Bedeutung. Die Häufigkeit bestimmter Fehlerursachen läßt sich aber nur auf Grund zahlreicher Fälle ermitteln, d. h. durch eine Fehlerstatistik. Sie ist gewissermaßen „gefrorene Erfahrung", die zahlenmäßige Festlegung von Tatsachen, die gefühlsmäßig registriert als Erfahrung bezeichnet werden. Beruht aber eine Fehlerstatistik auf einer sehr großen Zahl von Einzelfällen und haben sich seit der Aufstellung der Statistik die Voraussetzungen zu ihr nicht geändert, so kann das Vorgehen nach der Fehlerhäufigkeit auf die Dauer schneller zum Ziel führen, als systematische Suche. Es liegt in der Natur der Sache, daß selten auftretende Fehler und vor allem das Zusammentreffen mehrerer, sich überdeckender Fehler von der Statistik nicht erfaßt werden. Darum enthebt das Vorgehen nach der Sta-

tistik auf keinen Fall von der Notwendigkeit, systematische Methoden der Fehlersuche zu beherrschen. Denn gerade die schwierigsten Fälle haben kaum Aussicht, bei der Suche nach der Statistik entdeckt zu werden und stellen zugleich auch bei jeder Methode systematischer Suche die größten Anforderungen an den Suchenden.

Der größte Mangel, der breitester Anwendung der Fehlerstatistik in den Reparaturbetrieben entgegensteht, ist das Fehlen der nötigen Unterlagen zu einer solchen Statistik. Ein Betrieb allein kann unmöglich genug Unterlagen aufbringen, um darauf sichere statistische Zahlen aufzubauen. Es wäre *Sache von Innungen und Verbänden,* hier Wandel zu schaffen, wobei keineswegs verkannt wird, wie schwierig es ist, bei der Verschiedenheit der Betriebe und der in ihnen tätigen Menschen gleichwertige und vergleichbare Unterlagen zusammenzutragen.

Als Beispiel sei eine ältere amerikanische Fehlerstatistik angeführt, die offenbar zu Beginn der dreißiger Jahre entstanden ist. Unter Ausschaltung von Röhrenfehlern als häufiger Fehlerquelle nennt diese Statistik in Prozenten aller Reparaturen folgende Einzelteile als Fehlerursachen:

Überbrückungskondensatoren	36%
Niederfrequenztransformatoren	25%
Widerstände	16%
Schalter	15%
Ausgangstransformatoren und Lautsprecher	5%
Verschiedenes	3%

Eine Zusammenstellung der Fehler im Netzanschlußteil von Empfängern ergab folgende Häufigkeit:

Kondensatoren	52%
Widerstände	22%
Transformatoren	20%
Verschiedenes	6%

Bei den Empfängern, für die diese Statistik gilt, führten im Durchschnitt vier Untersuchungsarten zu 97% aller Fehler, wobei nicht verkannt werden darf, daß die restlichen 3% die

größten Schwierigkeiten bereiteten. Der Wert einer Fehlerstatistik dürfte dadurch aber erwiesen sein. Selbstverständlich müßte eine solche Statistik ständig ergänzt und fortgeführt werden, weil Änderungen in der Technik und im Material auch sogleich in ihr einen Niederschlag finden. Ginge, wie einmal angenommen werden soll, die Geräteindustrie eines Tages dazu über, alle Elektrolytkondensatoren durch Festkondensatoren zu ersetzen, so nähmen Kondensatoren in der Reihe der Fehlerhäufigkeit schlagartig eine ganz andere Stelle ein.

3. **Serienfehler bestimmter Modelle**

Ein weiterer Fall, der manchmal eine systematische Fehlersuche nicht als den kürzesten Weg zum Erfolg erscheinen läßt, sind *Serienfehler* bestimmter Empfängermodelle. Es kommt immer wieder vor und ist offenbar nicht zu vermeiden, daß bei einzelnen Modellen bestimmte Einzelteile mehr als alle anderen versagen. Wenn ein solches Gerät zur Reparatur kommt, so ist es immer vorteilhaft, zuerst einmal festzustellen, ob es nicht an seinem typischen Fehler leidet Welcher Art dieser Fehler ist, lehrt die Erfahrung. Manche Hersteller machen auch Angaben über Serienfehler und bieten dadurch der Reparatur eine wertvolle Hilfe. Mängel, die als Serienfehler bezeichnet werden müssen, kommen aber nicht sogleich zum Vorschein, sondern oft erst nach Jahren. Das ist vor allem dann der Fall, wenn sie durch Alterserscheinungen von Material verursacht werden. Bevor die Zeit nicht verstrichen ist, bis diese Alterung des Materials eintritt, kann sich auch ein dadurch verursachter Fehler nicht bemerkbar machen.

Als Beispiel für einen solchen Fehler seien Verkürzungskondensatoren in Oszillatoren oder Parallelkondensatoren in Zwischenfrequenz-Bandfiltern genannt, bei denen die Beläge als Silberniederschlag elektrolytisch auf das Dielektrikum aufgebracht sind. Der eigentliche Kondensator ruht in einer kleinen, flachen Wanne aus Isoliermaterial, die mit

einem harzartigen Stoff vergossen ist. Im Verlaufe von Jahren wird das Harz rissig und gestattet der Luft Zutritt zu den Kondensatorbelägen, an die dadurch auch geringe Mengen von Schwefelwasserstoff gelangen. Dadurch wandelt sich das metallische Silber in- Schwefelsilber um, verliert seine elektrische Leitfähigkeit und damit der Kondensator einen Teil oder seine gesamte Kapazität. Der mit einem solchen Kondensator ausgestattete Oszillator ist verstimmt, ebenso ein Bandfilterkreis.

Selbstverständlich führt auch systematische Suche zur Entdeckung solcher Fehler, doch sind sie bedeutend schneller gefunden, wenn der Gerätehersteller auf die Mängel der seinerzeit von ihm verwendeten Kondensatoren aufmerksam gemacht hat oder wenn die Erfahrung vorliegt, daß diese Art von Kondensatoren zu dem geschilderten Mangel neigt. Es ist auch der Versuch gemacht worden, Serienfehler oft verkaufter Empfängermodelle zusammenzustellen und zu veröffentlichen, doch liegt es in der Natur der Sache, daß nicht jeder Gerätehersteller geneigt ist, solche Mängel einzugestehen.

4. Fehlersuchtabellen

Im Gegensatz zu den mehr oder weniger unsystematischen Mitteln, die Fehlersuche zu erleichtern, wie sie in diesem Abschnitt angeführt wurden, sind Fehlersuchtabellen, die vor dem Krieg ziemlich weite Verbreitung gefunden hatten, gänzlich zu verwerfen. Bei ihnen wird von allen möglichen äußeren Fehlerscheinungen ausgegangen und danach eine Reihe von Untersuchungen empfohlen, die zur Fehlerursache führen sollen. Solche Tabellen beginnen fast alle mit der Feststellung: Gerät spielt nicht; Abhilfe: Sicherung, Schalter und Netzschnur untersuchen. Es soll nicht bestritten werden, daß eine solche Tabelle ein brauchbarer Leitfaden ist und daß bei einfachen Geräten gelegentlich ein halber Laie damit zum Ziel kommt. Gewarnt werden muß vor der psychologischen Wirkung einer solchen Eselsbrücke. Sie kann nämlich Sach- und Fachkenntnis vortäuschen, wo Glück und Ausdauer zum Erfolg geführt haben.

E. Ratschläge des Praktikers

1. Die Bedeutung der Röhrenprüfung

Es kann immer wieder festgestellt werden, daß der Anfänger viel zu großen Wert auf die Röhrenprüfung legt. Mangels Erfahrung steht er dem zu reparierenden Gerät ziemlich hilflos gegenüber. Dieser Zustand verleitet dazu, die Röhren als leicht erreichbare Einzelteile in Verdacht zu nehmen. Dabei wird aber dem Röhrenprüfgerät zu viel Vertrauen geschenkt. Die meisten der in den Fachgeschäften und Reparaturwerkstätten benutzten Prüfgeräte gestatten nur recht grobe Feststellungen, die über das Arbeiten der Röhren im Empfänger herzlich wenig besagen. Aber auch komplizierte Röhrenprüfgeräte, mit denen recht weitgehende Untersuchungen angestellt werden können, versagen in bestimmten Fällen. So hängt das Arbeiten einer Oszillatorröhre eines Supers weitgehend von den Bedingungen ab, unter denen sie im Empfangsgerät ihren Dienst tun soll.

Während im Prüfgerät zwar die gleiche Anodenspannung angelegt werden kann, sind die Rückkopplungsverhältnisse, wie sie im Empfänger herrschen, nicht reproduzierbar. Vor allem aber lassen sich mit einem Röhrenprüfgerät solche Eigenschaften von Röhren nicht nachprüfen, die der Hersteller für die betreffende Type gar nicht zusagt. Dazu gehört beispielsweise das Arbeiten in Reflexschaltungen und bei den älteren Typen ihre Schwingeigenschaften in einer Pendelrückkopplungsstufe. Über die letztgenannten Eigenschaften kann nur ein Versuch in dem Gerät Aufschluß geben, in dem die Röhren tatsächlich arbeiten sollen.

Bei dieser Sachlage ist es selbstverständlich, daß der erfahrene Praktiker der Röhrenprüfung nur geringe Bedeutung beimißt. Er traut sich zu; alle Arbeitsbedingungen in jedem Gerät herzustellen und dann das Verhalten jeder Röhre unter diesen Bedingungen beurteilen zu können. Er weiß, daß auch eine schlechte Röhre noch Empfang ergibt und behält sich den Austausch von Röhren für den zweiten Teil der Reparatur, den Abgleich, vor, bei dem es darauf ankommt, die bei den gegebenen Mitteln beste Leistung zu

erzielen. Dann geht er noch einen Schritt weiter und probiert mehrere Röhren der gleichen Type aus, weil er weiß, daß die vom Hersteller zugelassene Toleranz der Röhrendaten zu recht unterschiedlichem Arbeiten führen kann, und wenn er sich dadurch nur das Nachstimmen erspart, indem er eine Röhre mit gleicher Parallelkapazität aussucht, wie sie die alte hatte.

Wer sich noch nicht so sicher fühlt, daß er sich ohne Prüfung ein Urteil über Röhren zutraut, dem sei der versuchsweise Austausch verdächtiger Röhren gegen einwandfreie Exemplare empfohlen, die er zu diesem Zweck in der Werkstatt bereit hält. Diese Röhren werden durch einen **Farbanstrich** gekennzeichnet, damit sie nach erfolgreicher Reparatur nicht irrtümlich in einem Gerät belassen werden. Durch eine solche möglichst vollständige Serie von Röhren in der Werkstatt ist immer jede benötigte Type zur Hand, so daß jede Reparatur ausgeführt werden kann, auch wenn die Beschaffung einer seltenen Röhre Schwierigkeiten bereitet.

2. Wirtschaftlichkeit der Reparatur

Die gewerbliche Rundfunk-Reparaturwerkstatt bietet wenig Raum für Liebhabereien. Durch das Reparieren soll Geld verdient werden. Darum sollen nur solche Instrumente und Geräte angeschafft werden, die auch wirklich nötig sind, ständig benutzt werden und dadurch zu ihrer Verzinsung beitragen. Je geringer der Kapitalaufwand für eine Werkstatt ist, um so ertragreicher läßt sie sich gestalten.

Zahlreiche und dazu komplizierte Geräte können nicht über Mangel an Kenntnissen beim Reparierenden hinwegtäuschen. Da es kein denkendes technisches Gerät gibt, kann es nicht mehr leisten als der Mensch, der sich seiner bedient. Im Gegenteil verspricht das einfachste und am bequemsten zu überblickende Gerät den größten Erfolg. Es lenkt den Reparierenden nicht vom Empfänger, seiner eigentlichen Aufgabe, ab und verleitet ihn auf der anderen Seite nicht zu Nachlässigkeit, weil er auch nicht unbewußt auf den Gedanken kommt, eine tote Maschinerie könnte ihm Arbeit und Nachdenken abnehmen.

Diejenigen Instrumente und Geräte aber, deren Anschaffung als unbedingt notwendig erachtet wird, sollen dafür in um so besserer Qualität und Vielseitigkeit der Verwendbarkeit erworben werden. Die Rundfunkreparaturwerkstatt ist keine Alchemistenküche. Sie hat es nicht nötig, durch Aufbauten und Schalttafeln Eindruck beim Laien zu machen. Der trfolg der Reparaturarbeit, die in ihr geleistet wird, ist ihre beste Empfehlung.

Im Interesse kurzer Arbeitszeit für die einzelne Reparatur soll eine ganz bestimmte Methode der Fehlersuche ständig benutzt und dadurch geübt werden. Die Preise der Ersatzteile sind so niedrig, daß sie bei der normalen Reparatur von der gleichen Größenordnung sind wie die berechnete Arbeitszeit, während letztere bei gleicher Höhe vor gar nicht langer Zeit nur einen Bruchteil ausmachte. Es kommt also darauf hinaus, daß auch in der Reparatur eine gewisse *Rationalisierung* Platz greifen muß, zumal die Empfänger erzeugende Industrie diese Rationalisierung längst durchgeführt hat.

3. Scheinbar hoffnungslose Fälle

Wer stundenlang vor einem Empfänger saß und trotz allen Bemühens den Fehler nicht finden konnte, braucht nicht gleich an seinen Fähigkeiten zu zweifeln. Das kommt auch beim erfahrensten und gewiegtesten Praktiker gelegentlich einmal vor. Jedem ist es schon oft passiert, daß er sich verrannt hat und in vollkommener Verbohrtheit an einem Fehler immer wieder vorbeigegangen ist. Man kann sogar die Feststellung machen, daß man an einem Fehler in einem Empfänger ebenso achtlos vorübergeht, wie es der Buchhalter tut, der eine lange Kolonne von Zahlen addiert und an einer bestimmten Stelle immer wieder denselben Rechenfehler macht. Wenn dieser Fall vorliegt, helfen Fleiß und Ausdauer nicht mehr weiter. Im Gegenteil raucht dem Reparateur dann bald der Kopf, wodurch die Gedanken keineswegs klarer werden.

Es ist ein bewährtes Mittel, ein solches Gerät in die Ecke zu stellen und es nicht eher wieder vorzunehmen, bis man

mindestens eine Nacht geschlafen hat. In den allermeisten Fällen stößt man dann in der ersten Viertelstunde auf den bis dahin hartnäckig verborgenen Fehler und man fragt sich, wie es möglich war, ihn so lange zu übersehen. Tatsächlich beschäftigt man sich dann bis in den Schlaf hinein in Gedanken mit dem Gerät und findet dabei Wege zu neuen und von den vorherigen unabhängigen Prüfungen, die dann schnell zum Ziel führen. Aus dieser Tatsache, die jeder Praktiker bestätigt, erhellt der Wert umfassender Kenntnisse theoretischer Art und der zur Verfügung stehenden Möglichkeiten zur methodischen Fehlersuche in Rundfunkempfängern.

Literaturverzeichnis

Bücher

W. W. Diefenbach, Handbuch der Rundfunk - Reparaturtechnik, Stuttgart 1948

W. W. Diefenbach, Meß- und Prüfgeräte für Rundfunkwerkstätten, 3. Auflage, Berlin-Tempelhof 1949

A. A. Ghirardi, Modern Radio Servicing, 1. Aufl., 5. Neudruck, New York 1945

0. Kappelmayer, Reparaturpraktikum des Superhets, 3. Auflage, Berlin-Tempelhof 1949

0. Kappelmayer, Geradeausempfänger-Reparatur-Praktikum, Berlin-Tempelhof 1947

0. Kappelmayer, Nachstimmen von Empfängern, 2. Auflage, Berlin-Tempelhof 1948

0. Limann, Prüffeldmeßtechnik, 3. Auflage, München 1947. Franzis-Verlag

0. Limann, So gleicht der Praktiker ab, München 1950. Franzis-Verlag W.

Möller, Die Braunsche Röhre, 4. Auflage, Berlin-Tempelhof 1949

B. F. Nieden, Die Radio-Reparatur
   I. Teil: Der Weg zur Systematik, Berlin 1947
   II. Teil: Erfahrungswerte, Berlin 1948
   III. Teil: Tabellarisches Rüstzeug für die Werkstatt, Berlin 1949

H. Richter, Hilfsbuch für Katodenstrahl-Oszillografie, München 1950. Franzis-Verlag

R. Schiffe], A. Köhler, Verstärkerprüfung mit Rechteckschwingungen, „Funktechnische Arbeitsblätter", Blatt Mv 71

II. Schweitzer, Röhrenmefltechnik, München 1950. Franzis-Verlag

K. Thiele, N. K. Endell, Planmäßige Fehlerbestimmung in der Rundfunkwerkstatt, 2. Auflage, Düsseldorf 1949

Zeitschriften

W. Kautter, Der Multivibrator. DAS RADIO-MAGAZIN 1948, Nr. 4/5, Seite 125

R. Schiffel, Empfängerprüfung mit dem Multivibrator. DAS RADIO-MAGAZIN 1949, Nr. 9, Seite 254

R. Schiffel, Bauanleitung für einen Abgleich-Multivibrator. DAS RADIO-MAGAZIN 1949, Nr. 9, Seite 255

F. Jacobs, Der Multivibrator in der Rundfunk-Werkstatt. DAS RADIO-MAGAZIN 1949, Nr. 9, Seite 258; 1949, Nr. 10/11, Seite 312

E. Wrona, Der Signalverfolger. FUNKSCHAU 1949, Nr. 17, Seite 266

Ohne Verfasser, Multivibrator für Nf, Hf und Zf. FUNKSCHAU 1949, Nr. 17, Seite 277

H. Richter, Oszillografieren — aber wie? FUNKSCHAU 1949, Nr. 1, Seite 6; 1949, Nr. 2, Seite 25; 1949, Nr. 3, Seite 43

Ohne Verfasser, Frequenzwobbler. FUNKSCHAU 1949, Nr. 3, Seite 52

M. Killus, Super-Abgleidi mit Wobbler und Zweistrahloszillograf. Radio-Mentor 1950, Nr. 3, Seite 128

0. Limann, Ein Meßdetektor mit Kristalldiode. Radio-Mentor 1949, Nr. 9, Seite 431

Fachbücher für Radiopraktiker

ROHRENMESSTECHNIK. Brauchbarkeits- und Fehlerbestimmung an Radioröhren. Von Helmut Schweitzer. 192 Seiten mit 118 Bildern und vielen Tabellen. Format A 5 (148 X 210 mm). Preis: kart. 12,— DM, Halbleinen 13,80 DM.

Messungen in Radiogeräten sind in erster Linie Messungen an Röhren. Das Vertrautsein mit der Röhrentechnik und darüberhinaus mit den Messungen an Röhren ist für jeden Radiotechniker, gleichgültig, an. welchem Platz er tätig ist, eine dringende Notwendigkeit. Die „Röhrenmeßtechnik" ist eine groß angelegte praktische Darstellung des gesamten Röhren-Meßwesens, geschrieben mit dem Ziel, die Brauchbarkeits- und Fehlerbestimmung zu ermöglichen. Sie beginnt mit Messungen an Faden und Katode unter besonderer Berücksichtigung der Katoden-Untersuchung mit Hilfe der Anlaufströme, behandelt die Messung der Gleichströme und Gleichspannungen an den Röhrenelektroden, die Ermittlung der Röhren-Kenndaten und -Kennlinien, und wendet sich dann den eigentlichen Röhrenmeßgeräten zu.

Es ist dies das umfangreichste und gründlichste Buch, das in der deutschen Fachliteratur über die Röhrenmeßtechnik erschienen ist, eine wertvolle und willkommene Ergänzung der bekannten röhrentechnischen Standard-Werke. Das Buch ist vor allem für den Radiotechniker wichtig, der auf dem Wege über die Meßtechnik in die Funktionen der Röhren Einblick gewinnen will. Sein besonderer Wert liegt darin, daß es allgemeingültig gehalten ist, so daß seine Ausführungen auch auf alle neu erscheinenden Röhren-Serien übertragen werden können.

HILFSBUCH FUR KATODENSTRAHL-OSZILLOGRAFIE. Von Ingenieur Heinz Richte r. 200 Seiten mit 176 Bildern, einem ‚Atlas der Oszillogramme" mit 79 Oszillogramm-Aufnahmen und 12 Tabellen. Format A 5 (148X210 mm). Preis: kart. 12,— DM, Halbleinen 13,80 DM.

Dies ist das erste Hilfsbuch der Katodenstrahl-Oszillografie, das für den Praktiker geschrieben ist und das ohne allen historischen und physikalischen Ballast das Wesen vom erfolgreichen praktischen Arbeiten mit dem Katodenstrahl-Oszillografen vermittelt. Es ist, wenn man so will, die auf rund 200 Seiten ausgedehnte „Gebrauchsanweisung" für den Katodenstrahl-Oszillografen, natürlich nicht für ein bestimmtes Gerät, sondern für den Oszillografen schlechthin. Nach einer hauptsächlich schaltungstechnisch orientierten Darstellung von Aufbau und Wirkungsweise des Oszillografen und seiner Hilfsgeräte folgen die „Arbeitsrichtlinien für die Oszillografenpraxis" und die ‚Anwendungsgebiete der Katodenstrahl-Oszillografie". Hier werden die elektrotechnischen, hoch- und niederfreguenztechnischen und elektroakustischen Anwendungsmöglichkeiten vollständig und ausführlich behandelt, außerdem Anwendungen in den Grenzgebieten.

Die Zahl der Bücher über Oszillografen ist nicht klein (die meisten sind zwar vergriffen), trotzdem wird das vorliegende Buch einen dankbaren Leserkreis finden, weil es das praktisch-technische Wissen aus jahrelanger Arbeit mit dem Katodenstrahl-Oszillografen vermittelt und damit genau das bietet, was der Techniker in Labor und Prüffeld erfahren will.

Zu beziehen durch jede Fachbuchhandlung oder unmittelbar vom

FRANZIS-VERLAG . MÜNCHEN

Fachbücher für Radiopraktiker

SO GLEICHT DER PRAKTIKER AB. Leitsätze für das Abgleichen von Rundfunkempfängern. Von Ingenieur Otto L i m a n n. 48 Seiten mit 36 Bildern und zahlreichen Tabellen. Format A 5 (148X210 mm). Preis: kart. 3,— DM.
Hier wird das für den Abgleich handwerklich Wichtige in präzisen eindeutigen Leitsätzen gesagt. In einem zweiten Teil werden die Begründungen für diese Abgleichregeln gegeben. Auf theoretische Ausführungen wurde absichtlich verzichtet. So ist ein Buch entstanden, wie es der Praktiker bei seiner täglichen Werkstatt-Arbeit wirklich gut gebrauchen kann. Daß es auf dem Kopenhagener Plan basiert und alle Fragen berücksichtigt, die sich aus der Erweiterung des Mittelwellenbereiches ergeben, ist selbstverständlich. Es ist das Abgleichbuch, das bald in jeder Werkstatt nicht einmal, sondern mehrfach, an jedem Arbeitsplatz, vorhanden sein wird, ein echter Limann noch dazu.

WIE RICHTE ICH MEINE RADIOWERKSTATT EIN? Bewährte Konstruktionsvorschläge für die Einrichtung eines Radio-Prüf- und Meßplatzes. Von Ing. Ernst H a n n a u s c h. 52 Seiten mit 17 Bildern und zahlreichen Röhrenmeßtabellen. Format A 5 (148X210 mm). Preis: kart. 3,50 DM.
Vor dem Leser wird der Entwurf eines seit Jahren bewährten Werkstatt-Meß- und Prüfplatzes entwickelt, mit Schaltungen, Lageplänen und allen Angaben für den Aufbau, als eine Anleitung für Radiopraktiker, die neu anfangen und sich möglichst modern einrichten wollen, und andere, die die Absicht haben, ihre Werkstatteinrichtung aus eigenen Mitteln zu vervollkommnen. Es ist ein besonderer Vorzug der Konstruktion, daß möglichst alle Einrichtungen selbst geschaffen wurden.

ROHREN-TASCHEN-TABELLE. Von Fritz Kunz e. 2. Auflage. 136 Seiten im Format 12,5)07,5 cm, in dauerhaftem mehrfarbigem Kartonumschlag, in Inhalt und praktischer Brauchbarkeit weit über unsere bisherigen Röhrentabellen hinausgehend. Neuauflage (3. Auflage) voraussichtlich Herbst **19** 5 2.

ROHREN-VERGLEICHSTABELLEN. Ausführliche Vergleichs- und Datentabellen für europäische und amerikanische Radioröhren. Bearbeitet von Werner T r i e l o f f. 176 Seiten mit 445 Abb. auf Kunstdruckpapier. Format A 4 (210 X297 mm). Preis: kart. 8 DM.

AMERIKANISCHE ROHREN. Ausführliche Betriebsdaten und Sockelschaltungen amerikanischer Röhren mit Vergleichsliste amerikanischer Röhren untereinander sowie gegen deutsche Röhren nebst näherer Anleitung zur Instandsetzung amerikanischer Geräte. Von Fritz Kunz e. 64 Seiten mit 23 Tabellen, 70 Bildern im Text und 422 Sockelschaltungen. Format 225 X305 mm. Preis 6,30 DM.

TABELLE DER ENGLISCHEN DIENSTROHREN. Von Fritz Kunz e. 12 Seiten mit 6 Einzeltabellen und 127 Sockelschaltungen. Format A 4 (210 X297 **mm). Preis 2 DM Neuerscheinung.**

Zu beziehen durch jede Fachbuchhandlung oder unmittelbar vom

FRANZIS-VERLAG • MÜNCHEN

Die U-Röhren-Reihe mit Außenkontaktsockel und ihre Schaltungen. Von H. Sutane r. Mit 50 Bildern und Schaltungen. 2. **Aufl. Nr. 1**

Rimlock- und Picoröhren und ihre Schaltungen. **Nr. 2**
Von Dr. A. R e n a r d y. Mit 51 Bildern und Schaltungen. 1. **u.** 2. **Aufl.**

UKW-FM-Rundfunk in Theorie und Praxis. Von H. G. M e n d e.
Mit 35 Bildern und 4 Tabellen. 2. **Aufl.** **Nr. 3**

UKW-Empfang mit Zusatzgeräten. Von H. G M e n d e. **Nr. 4**
Mit 16 Bildern und 9 Tabellen. 2. **Aufl.**

Superhets für UKW-FM-Empfang. Von H. G. M e n d e. **Nr. 5**
Mit 21 Bildern und 1 Tabelle. 1. **und** 2. **Aufl.**

Antennen für Rundfunk und UKW-Empfang. Von H. G. M e n d e.
Mit 30 Bildern und 7 Tabellen. **4. und 5. Aufl.** **Nr. 6**

Neuzeitliche Schallfolienaufnahme. Von Ing. F. Kühn **e.** **Nr. 7**
mit 39 Bildern. **2. Aufl.**

Vielseitige Verstärkergeräte für Tonaufnahme und Wiedergabe. Nr. 8 Von Ing. F. Kühn e. Mit 36 Bildern. 2. **Aufl.**

Magnetbandspieler-Praxis. Von Ing. W. Junghans **Nr. 9**
Mit 36 Bildern und 3 Tabellen. 2. **Aufl.**

Magnetbandspieler-Selbstbau. Von Ing. W. Junghans. **Nr. 10/10a**
Mit 100 Bildern. **Doppelband. 1. und 2. Aufl.**

Mikrofone, Aufbau, Verwendung und Selbstbau. Von F. Kühn e.
Mit 38 Bildern und 2 Tabellen. 2. **Aufl.** **Nr. 11**

Röhrenmeßgeräte in Entwurf und Aufbau. Erscheint 1952/53. **Nr. 12**

Schliche und Kniffe für Radiopraktiker. Von F. Kühn **e.** **Nr. 13**
Mit 57 Bildern. 2. **Aufl.**

Geheimnisse der Wellenlängen. Von G.Büscher. **Nr. 14**
Mit vielen Bildern. **Erscheint 1952.**

Moderne Zweikreisempfänger. Von H. S u t a n e r. **Nr. 15**
Mit 43 Bildern und Schaltungen. **3. Aufl.**

Widerstandskunde für Radiopraktiker. **Nr. 16**
Von Dipl.-Ing. G. Hof f meist e r. Mit 9 Bildern, 4 Nomogrammen und 6 großen Zahlentafeln. 2. **Aufl.**

Prüfsender für UKW-Empfänger. Selbstbau und Selbsteichung. Nr. 17 Von Dipl.-Ing. R. Schiffel und Ing. F. W o l e t z. UKW-Meßgeräte Teil 1. Mit 57 Bildern. 2. **Aufl.** Teil 2 s. Nr. 36.

Radio-Röhren. Von H. G. M e n d e. **Nr. 18/19**
Mit 65 Bildern. Doppelband. 2. Aufl.

Methodische Fehlersuche in Rundfunkempfängern. **Nr. 20**
Von Dr. A. R e n a r d y. Mit 16 Bildern. 3. **und 4. Aufl.**

Funktechniker lernen Formelrechnen auf kurzweilige, launige Art. Von F. Kunz e. Band I. Mit 22 Bildern. 3. **Aufl. Band II s. Nr. 42. Nr. 21**

Lehrgang Radiotechnik Teil I. Von F. Jacobs. Nr. 22/23
Mit 132 Bildern und 3 Tabellen. Doppelband. 2. Aufl.

Lehrgang Radiotechnik Teil II. Von F. Jacobs. Nr. 24/25
Mit 84 Bildern. Doppelband. 1. und 2. Aufl. Erscheint 1952.

Tonstudio-Praxis. Von F. Kühne. Mit 36 Bildern und 6 Tabellen. Nr. 26

Rundfunkempfang ohne Röhren. Von H. G. Mende. Nr. 27
Mit 36 Bildern und 5 Tabellen. 2. und 3. Aufl.

Die Glimmröhre und ihre Schaltungen. Von O. P. Hermkind.
Mit 69 Bildern. 2. Aufl. Nr. 28

Kleines ABC der Elektroakustik. Von G. Büscher Nr. 29/30
Mit 120 Bildern. 2. Aufl. Doppelband.

Sender-Baubuch für Kurzwellen-Amateure. Nr. 31/32
Von Ing. H. F. Steinhauser.
Mit 56 Bildern. Doppelband. 2. und 3. Aufl.

Röhrenvoltmeter. Von Ing. O. Limann. Mit 60 Bildern. 2. Aufl. Nr. 33

Einzelteilprüfung. Von Ing. O. Limann. Nr. 34
Mit 42 Bildern und 3 Tabellen. 2. Aufl.

Wegbereiter der Funktechnik. Von W. Möbus. Nr. 35

Die Prüfung des Zwischenfrequenz-Verstärkers und Diskriminators beim UKW-Empfänger. UKW-Meßgeräte Teil 2. 2. Aufl. Nr. 36
Von Dipl.-Ing. R. Schiffel und Ing. F. Wolet z. Mit 50 Bildern.

Fehlersuche durch Signalverfolgung und Signalzuführung. Nr. 37/38
Von Dr. A. Renardy. Mit ca. 50 Bildern und 1 Tabelle.
Doppelband. Erscheint 1952.

Die Fernsehröhren und ihre Schaltungen. Von Ing. L. Ratheiser.
Doppelband. Erscheint 1952. Nr. 39/40

Kurzwellenempfänger für Amateure. Von W. Diefenbach.
Mit 55 Bildern und Schaltungen. 1. und 2. Aufl. Nr. 41

Funktechniker lernen Formelrechnen. Band II. Von F. Kunze.
1. und 2. Aufl. Erscheint 1952. Nr. 42

Musikübertragungsanlagen. Von F. Kühne. Mit 34 Bildern und 1,1 Tabellen. Nr. 43

Kurzwellen-Antennen für Sendüng u. Empfang. Von W. Diefenbach. Mit 76 Bildern und Tabellen. Erscheint 1952. Nr. 44

UKW-Sender- und Empfänger-Baubuch. Von H. F. Steinhauser.
Mit 73 Bildern. Doppelband. Erscheint 1952. Nr. 45/46

Moderne Reiseempfänger, Planung, Schaltung und Bau Nr. 47
Von H. Sutaner. Mit 52 Bildern. Erscheint 1952.

Kleines Praktikum der Gegenkopplung. Von H. G. Mende. Nr. 48 Mit 33 Bildern und 4 Tabellen. Erscheint 1952.

Zu beziehen durch jede Buch- oder Fachhandlung oder direkt vom

FRANZIS-VERLAG MUNCHEN